BIOLOGIE VEGETALE
INTRODUCTION

I\ Les grands groupes et leur cycle.

On a deux grands règnes:

- les végétaux qui ont une paroi squelettique pectocellulosique, capables de réaliser la photosynthèse (ils sont chlorophylliens et autotrophes). Ils sont en général immobiles car ils sont fixés au substrat (exception, les algues mobiles, …).
- Les animaux : paroi non squelettique, système vacuolaire réduit, et sont hétérotrophes.

Chez les végétaux, on a deux grands groupes :

- Les procaryotes : ce sont des organismes cellulaires dépourvus de noyau à tous les stades de leur cycle de développement (les virus sont exclus de cette définition car ils ne peuvent se multiplier de façon autonome). L'ADN est présent à l'état diffus dans la cellule. Il n'y a jamais de véritable reproduction sexuée, ni de golgi, ni de réticulum endoplasmique.

On a trois principaux sous-groupes :

- les archéobactéries
- Les eubactéries
- Les cyanobactéries.

- Les eucaryotes : présence d'un noyau qui suivant le groupe peut-être entouré de 1 à 3 membranes. La cellule se multiplie par mitose. Ils ont une reproduction sexuée typique (zygote pendant le développement). Les cellules ont un réticulum, un golgi et des plastidomes (plastes).

On a deux principaux sous–groupes : les Thallophytes et les Cormophytes.

A\ Structure de l'appareil végétatif.

Les thallophytes ont un appareil végétatif simple donc : les thalles n'ont ni tige, ni feuille, ni racine, ni vaisseau conducteur. Leur taille est très variable : de 10µm à 30 m. Ils sont constitués soit par des cellules isolées, soit par des filaments simples ou ramifiés, eux-mêmes constitués par des cellules pluri ou mononucléées (cellule = article). Les plurinucléées peuvent constituer un siphon. On constate la présence de parenchyme, d'où le contact des cellules les unes aux autres.

Les cormophytes ont un cormus constitué par des rameaux feuillés et possèdent en principe des racines. Deux groupes parmi les cormophytes n'en ont pas : les bryophytes et les ptéridophytes. Ils ont tous des vaisseaux conducteurs.

B\ La reproduction sexuée.

1\ La formation des gamètes

Pour les thallophytes, les cellules reproductrices se forment dans le gamétocyste.

Chez les cormophytes, elles se forment dans le gamétange.

Le gamétocyste : il a un développement à partir d'une cellule mère mononucléée qui voit son noyau se diviser plusieurs fois. Ensuite, autour des noyaux, se forme un gamète. L'enveloppe est formée à partir de la paroi de la cellule mère.

Le gamétange : il a un développement à partir d'une cellule mère mononucléée. Les premières divisions isolent d'abord une cellule pour former ensuite une enveloppe constituée de une ou plusieurs assises de cellules et c'est seulement les cellules restantes qui donneront les gamètes.

2\ Les modes de fécondation.

Ils sont très variés chez les thallophytes :

- 2 gamètes mobiles : c'est la planogamie.
- oogamie quand le gamète femelle est immobile et que le gamète mâle est lui flagellé.
- cystogamie quand un des deux gamètes, ou que les deux gamètes ne sont plus individualisés

Chez les cormophytes : le gamète femelle est toujours immobile, le gamète mâle est beaucoup plus petit, cilié ou non (immobile ou non) : c'est la zoïdogamie (ou siphonogamie).

C\ La multiplication asexuée.

Elle est essentiellement réalisée par les spores.

Chez les thallophytes, les spores se différencient dans les sporocystes et dans les sporanges chez les cormophytes.

Chez les thallophytes : les spores proviennent d'une méiose (se sont des méiospores) ou d'une mitose (se sont des mitospores). Les spores sont à n ou 2n chromosomes.

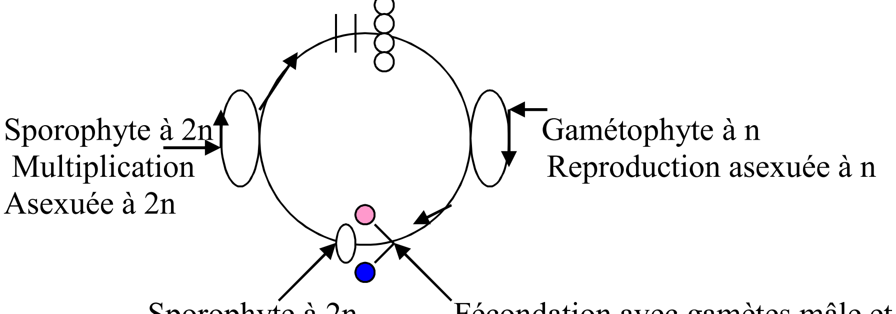
Chez les cormophytes, les spores sont toujours issues d'une méiose.

Chez les eucaryotes végétaux, le cycle sexué comprend généralement deux phases successives (haploïde donne les gamétophytes et diploïde donne les sporophytes). Ces stades sont séparés par la fécondation et par la méiose (réduction chromatique).

Selon l'importance de l'un des deux stades, on observe trois cas différents :

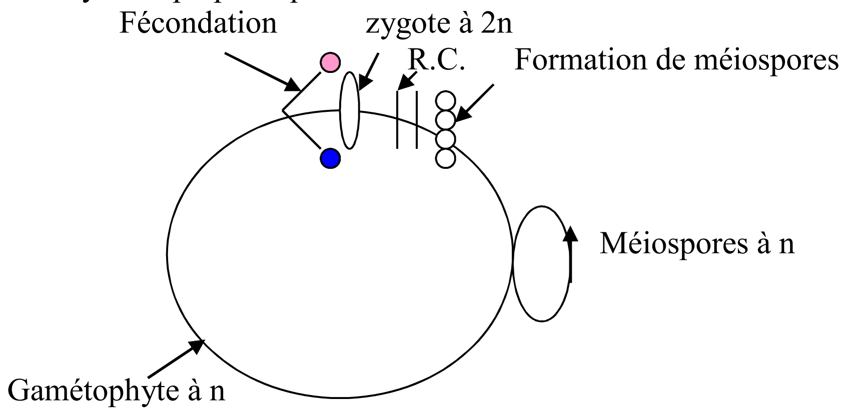
- Le cycle haplodiplophasique :

Réduction chromatique avec production de méiospores



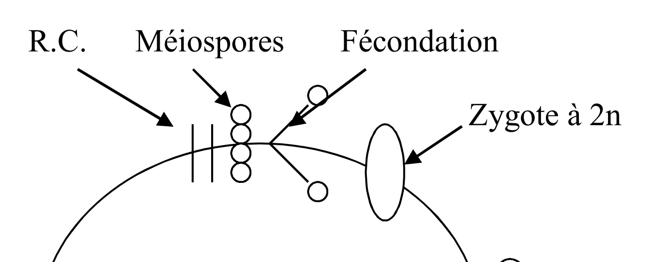
C'est le cycle d'une espèce digénétique.

- Le cycle haplophasique :



C'est le cycle d'une espèce monogénétique haploïde à une génération.

- Le cycle diplophasique :



Mitospores à 2n

Sporophyte à 2n

C'est le cycle d'une espèce monogénétique diploïde

Remarque : l'espèce est
- monoïque si les gamètes mâles et femelles sont sur le même individu
- dioïque si les deux types de gamètes sont sur des individus différents.

Diversité du monde végétal

A – Des Végétaux et des plantes

Botanique vient de *Botanus* qui veut dire herbe.
Les Végétaux ligneux sont les arbres et les arbustes.
Botanique est l'ensemble des sciences qui s'intéressent aux végétaux.

1950 :
Le monde est divisé en deux : les minéraux et les vivants.
Les vivants sont divisés en deux règnes : le Règne A et le Règne V.
Ce dernier comporte les bactéries, les champignons, les algues et les plantes supérieures.

1960 :
Cytologie ➔ différenciation des cellules procaryotes des cellules eucaryotes.

1980 :
Biologie moléculaire ➔ Classification

1) Monères :
Tous les procaryotes autotrophes ou hétérotrophes
Les cellules n'ont pas de vrai noyau
Jamais d'organite semi autonome (mitochondrie, chloroplaste)
ADN pas reliée à protéines histones comme chez les eucaryotes
2) Protoctistes
Eucaryotes seulement
Règne fourre-tout avec des individus extrêmement variés
Individus unicellulaires (protozoaires et algues unicellulaires)
Entités plasmodiales (myxomycètes)
Individus pluricellulaires (algues v, r et b)
Les algues r, v et b sont placées dans ce groupe uniquement à cause des caractéristiques globales mais sans justification du lien de parenté. Le corps des algues (appareil végétatif) est peu différencié, élaboré. Ni tige, ni feuille, ni racine. Toutes les cellules sont identiques et ont même physionomie. Le corps de l'algue est appelé Thalle.
Les algues sont donc des Thallophytes Chlorophylliens.
3) Mycètes
E.S. champignon
Tous champignons → hétérotrophes eucaryotes.
Nutrition par absorption
Paroi cellulaire renferme de la chitine
Appareil végétatif correspondant ensemble de filaments enchevêtrés, tous identiques, cellules même morphologie et physionomie.
Thalle → Thallophyte non chlorophyllien
4) Plantes
E.S.

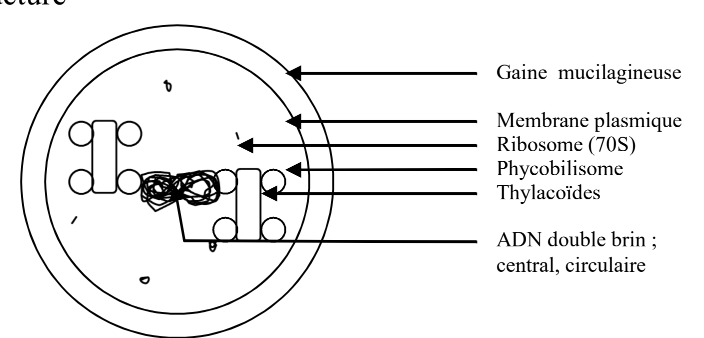
Mousse : Bryophytes
Fougères : Ptéridophytes
Conifères : Coniférophytes
Plantes à fleurs : Anthophytes
Autotrophes au carbone
Leur appareil végétatif est élaboré, différencié. Toujours au moins une tige feuillée et même des feuilles, des tiges, des racines. Un tel appareil végétatif est appelé Cormus.
➔ Cormophytes, Embryophytes, Archégoniates.
5) Animaux
Eucaryotes seulement
Hétérotrophes au carbone
Se nourrissent par ingestion
Membrane plasmique pas recouverte par une paroi.

Le virus est à la frontière du vivant, car il n'est pas capable de se nourrir ou de se reproduire seul.
A la fin des années 90, les progrès de la biologie moléculaire ont permis d'intégrer parmi les critères de classification les liens de parenté entre les espèces.
A partir de fin 90, les individus ne sont plus répartis en règnes différents, mais en différentes lignées plus ou moins proches en fonction des liens de parenté.

B – Les Lignés Chlorophylliennes

Elles rassemblent tous les organismes eucaryotes autotrophes au carbone.
1) Les cyanobactéries

- 1er organisme photosynthétique
  Les cyanobactéries sont à l'origine des chloroplastes, des algues vertes, rouges, et des plantes.
  La photosynthèse est le processus métabolique par lequel l'organisme pourvu de pigments chlorophylliens transfère l'énergie lumineuse en énergie chimique stockée sous forme de glucides.
  nCO_2+nH_2O - - - - - > $C_nH_{2n}O_n+nO_2$
  Action endergonique ($\Delta G>0$)= apport extérieur d'énergie.
  (Exergonique = libère de l'énergie)
  Producteurs primaires
  Autotrophie au carbone
  L'autotrophie permet aux végétaux de coloniser des milieux sains à partir de lumière suffisante.
  La production de dioxygène a permis l'établissement de la couche d'ozone en altitude, cette couche protègera des radiations solaires (UV) qui empêchaient toute vie sur Terre.
  L'augmentation du dioxygène a permis la sélection de lignées aérobies qui utilisent le dioxygène comme substrat.
- Structure



Phycobilisomes : Chlorophylle a (pigment actif) ; Phycobilines = protéines colorés { phycocyanine (bleue), phycoérythrine (rouge) } Pigments accessoires

- Elles occupent tous les milieux : terrestre, marin, dulçaquicole
  Certaines cyanobactéries sont à l'origine de constructions sédimentaires structurées : Stromatolithes
  Genre Oscillatoria
  Ces bactéries quand elles se divisent restent reliées ensemble par un mucilage. On obtient des filaments bleutés, mais jamais de communication → période de forte photosynthèse.
  $Ca^{2+}+2HCO_3^-=CACO_3+H_2O+CO_2$
  Forte consommation de HCO_3^- → sens 1 → forte précipitation calcaire → formation couche blache.
  Période de faible photosynthèse.
  Piégeage passif sous forme détritique → couches sombres
  ➔ Alternance faible et forte activité.

2) Les Eucaryotes photosynthétiques

Symbiose : association intime et permanente) bénéfice réciproque entre deux êtres vivants.
Ex : Lichens = champignon + Cyanobactérie ou algue
Mycorhize = champignon + racine

Endosymbiose : Séquestration d'un unicellulaire par une cellule eucaryote visant à association intime et permanente à bénéfice réciproque.

Une double endosymbiose en 2 étapes entre une cellule eucaryote primitive, et deux cellules procaryotes a été à l'origine des premiers eucaryotes photosynthétiques : les algues.

Les algues v, b et r ne dérivent pas du même ancêtre. La grande majorité des Eucaryotes photosynthétiques est divisée en 2 lignées:

- La lignée verte (Rhodobiontes: algues rouges / Chlorobiontes : algues vertes +plantes)
  Les chloroplastes de tous les individus de cette lignée résultent d'une endosymbiose entre les cyanobactéries et les cellules eucaryotes primitives. On sait que les algues vertes sont les ancêtres des plantes terrestres.
- La lignée brune (Chromobiontes = algues brunes)
  Les chloroplastes résultent d'une endosymbiose entre une algue rouge et une cellule Eucaryote primitive.

En tout, il existe entre 450000 et 500000 espèces. Il existe d'autres lignées photosynthétiques en dehors des lignées vertes et bleues. Elles ne contiennent que des unicellulaires.

3) Particularité des la cellule végétale

3 particularités structurales :

- Présence d'une paroi qui recouvre la membrane plasmique. Elle constitue le squelette externe qui protège la cellule. Elle impose à la plante un mode de vie immobile. Elle définit la taille et la forme des cellules. Elle contribue passivement aux échanges cellulaires. Elle jour un rôle de succion cellulaire, c'est le potentiel hydrique cellulaire, c'est aussi la force d'appel d'eau de la cellule. Quand il y a trop d'au, la paroi génère une contre pression qui empêche la cellule d'éclater.
- Le chloroplaste est le lieu de photosynthèse, et le lieu de synthèse de certains acides aminés soufrés. Il sert aussi à stocker l'amidon.
- La vacuole peut former jusqu'à 90% de la cellule. Délimitée par une membrane simple = tonoplaste. Elle contient des sucs vacuolaires (π) homéostasie cytoplasmique. Elle contribue directement et indirectement à l'économie cellulaire. En effet, elle est un lieu de stockage et elle occupe à moindre coût un maximum d'espace, ce qui augmente les interactions lumineuses, et fournit donc plus d'énergie.

- **Première partie : Organisation des plantes**

- Bryophyte : Tige feuillée haploïde
  Pas de système conducteur de sève
- Ptéridophyte : Tige feuillée 2N
  Présence d'un double système conducteur de sève
- Spermidophytes : Coniférophyte → cônes } Appareil reproducteur visible :
  Anthophyte → fleur } phanérogames

- Bryophytes et ptéridophytes : Appareil reproducteur discret, caché : Cryptogames
-
- A – Organisation de l'appareil végétatif des plantes
- Appareil végétatif (tige, feuille, racine) ≠ appareil reproducteur.
- Le développement de l'appareil sexuel arrive quand l'appareil végétatif est assez mature.
- I) Cas des spermaphytes
- Spermaphytes : plantes à graines
- Les Coniférophytes (cônes) et les Anthophytes (fleur) sont phanérogames
- Chez les conifères, l'ovule (organe interne reproducteur femelle) est directement porté par les écailles du cône.
- Chez les Anthophytes, l'ovule est protégé par une structure : l'ovaire.
- Après la fécondation, dans les deux cas, l'ovule évolue en graine. Elle est portée par les écailles du cône chez les coniférophytes, elle est donc nue. Pour cela, on les appelle Gymnospermes.
- Après la fécondation, l'ovaire donne le fruite ➔ Angiospermes
- Une graine est un organe de vie ralentie qui renferme un embryon, des réserves, et protégé par des téguments.
- 2 classes existent, en fonction du nombre de cotylédons contenus dans la graine.
- Un cotylédon est une feuille modifiée, chargée de réserves, qui assure la nutrition des 1ers stades embryonnaires, jusqu'à l'acquisition de l'autotrophie.
- 2 grandes classes :
- - Monocotylédones (1 seul cotylédon)
- - Dicotylédones (2 cotylédons)
- 1) Port général
- On assimile l'appareil végétatif des plantes à un corps bipolaire. On distingue l'appareil aérien (la tige feuillée, gravitropisme négatif) de l'appareil souterrain (les racines, gravitropisme positif)
- Le collet/La jonction.
- L'ensemble des tiges est la partie généralement aérienne de la plante qui porte les feuilles et reproduction : fleurs, fruits, graines.
- Tige : Tout organe aérien ou souterrain vert ou incolore, dressé, rampant ou grimpant qui porte des feuilles soit vertes, soit réduites à l'état d'écaille est une tige.
- Feuille : Expansion latérale de la tige et se caractérisant par la présence d'un bourgeon axillaire à la base.
- Racine : Organe souterrain qui joue 2 rôles : fixer la plante au sol et absorber l'eau et les sels minéraux.
- Coiffe : Sorte de doigt de gant qui protège le centre de croissance de la racine.
- Zone pilifère : 2 à 3 cm de hauteur. Poils absorbants unicellulaires ➔ absorption de sels minéraux.
- Au dessus de la zone pilifère, les tissus de la racine sont brunâtres et imperméables. Il n'y a donc pas d'absorption à ce niveau là. ➔ Protection de la racine.
- 2) Les tiges
- Axes plus ou moins ramifiés à croissance apicale théoriquement illimitée. La croissance et la ramification de la tige sont assurées pas les bourgeons :
- Bourgeons terminaux / apicaux
- Bourgeons latéraux / axillaires
- Bourgeon : contient la tige feuillée télescopique.
- Bourgeons d'herbacés : pas recouverts d'écailles : bourgeon nu (ex : choux de Bruxelles)
- Bourgeon de ligneux : recouverts d'écailles : bourgeon écailleux.
- On distinguera deux grands types e tiges en fonction du nombre de pousse annuelle que peut donner un même bourgeon.
- 1er type : Un même bourgeon terminal est responsable de la construction successive de plusieurs pousses annuelles. Dans ce cas, la tige pousse toujours bien

droite et les unités annuelles sont séparées par des traces d'écaille bourgeonneuse. → Tige monopodiale.

- 2ème type : Le bourgeon terminal produit une seule pousse annuelle, et l'année suivante, la pousse est assurée par un autre bourgeon. Dans ce cas, la tige est plus ou moins tordue → Tige sympodiale.
- 2-1) Organisation des bourgeons et chronologie de la croissance.
- La croissance en longueur d'une tige s'effectue en deux temps bien séparés. A la fin du printemps quand la tige feuillée est mise en place, le bourgeon terminal est peu bombé, de petite taille, recouvert de peu d'écailles molles et jaunâtres. Ces écailles s'incèrent sur un réceptacle. Le centre du bourgeon est occupé par un cône peu saillant qui porte sur ses flancs des ébauches d'écailles. Ces ébauches viendront accroître le nombre d'écailles sur le bourgeon. A la fin de l'été, le bourgeon est volumineux, bombé, les écailles sont nombreuses, brunes et résistantes. Le centre du bourgeon est occupé par un cône saillant avec sur les flancs des ébauches de feuilles. Il s'agit de tiges embryonnaires qui constitueront les pousses de l'année suivante. La construction de la tige embryonnaire s'effectue grâce à la division répétée d'un massif de cellules juvéniles situées au sommet de la tige embryonnaire. Ce massif cellulaire est appelé méristème primaire collinaire.

Chapitre 1 :

LES BACTERIES.

On a deux grands groupes, les archéobactéries et les eubactéries.

La classification est basée sur des caractères génotypiques, sur la filiation évolutive (techniques de séquençage, types de parois, …). Par exemple, la paroi des archéobactéries ne renferme pas d'acide muramique qui est le composant typique des peptidoglycanes. Les lipides membranaires présentent des chaînes aliphatiques ramifiées, alors que chez les eubactéries, ces mêmes chaînes ne le sont pas. De plus, les archéobactéries possèdent des gènes discontinus.

I\ Les eubactéries.

A\ Morphologie des eubactéries.

Elles sont en général unicellulaires mais on les trouve parfois sous forme de colonies plus ou moins structurées. Les cellules sont soit sphériques : coccoïdes, soit en bâtonnets : bacillus.

L'enveloppe : c'est la membrane la plus interne, elle est cytoplasmique, rarement en contact avec le milieu externe dont elle est séparée par la paroi. Chez certaines espèces, la membrane cytoplasmique peut s'invaginer pour donner un empilement de membrane interne : le mésosome. Cela se retrouve particulièrement chez les bactéries photosynthétiques ou, chez les bactéries ayant des échanges gazeux importants.

La coloration de Gram permet de séparer les eubactéries en deux groupes : les g+ et les g-. Cette coloration est révélatrice d'une différence de structure de la paroi.

- Chez les g+, la membrane cytoplasmique est recouverte d'une zone épaisse de peptidoglycane qui enferme la cellule dans une coque relativement rigide et épaisse. Cette gangue est responsable de la forme cellulaire et est chargée de constituants secondaires comme l'acide teïchoïque.
- Chez les g-, la couche de peptidoglycanes est faible et est recouverte d'une seconde membrane externe de composition spéciale renfermant des LippoPolySaccharides (LPS). Entre la membrane interne et la membrane externe, se situe un espace étroit appelé le Périplasme où se situe le peptidoglycane.

Les bactéries s'entourent souvent d'une enveloppe supplémentaire plus ou moins structurée, parfois épaisse, appelée le Glycocalyx.

B\ Le génome.

Dans une bactérie, il est représenté par un double brin d'ADN circulaire. Le génome est parfois complété par des anneaux d'ADN supplémentaires plus petits : ce sont les plasmides. Ils offrent au monde bactérien des possibilités extraordinaires d'adaptation car ils sont souvent transmissibles d'une cellule à l'autre. Les bactéries échangent entre elles des portions de séquences d'ADN ou de plasmides qui peuvent s'intégrer complètement dans le génome de la bactérie receveuse.

C\ Les cils et les flagelles.

Ils sont comparables aux flagelles des cellules mobiles des algues. Ils sont constitués par un petit nombre de fibrilles et s'insèrent au niveau du plasmalème sur un blépharoblaste. La protéine constituant ces flagelles est élastique et contractile comme la myosine des muscles.

D\ La multiplication asexuée.

Les bactéries se divisent par scissiparité. La division cellulaire peut-être rapide (de 20 à 30 minutes), à partir d'une cellule, on peut en obtenir jusqu'à 10^9 en 24 heures. C'est un phénomène de parasexualité. Chez certaines bactéries, il existe des processus parasexués aboutissant à des recombinaisons génétiques voisines de celles résultant de la reproduction sexuée des eucaryotes.

On connaît trois processus : transformation, transduction, conjugaison qui ont des caractéristiques générales qui permettent de les distinguer de la reproduction sexuée des eucaryotes.

Chez ces derniers, la contribution des deux gamètes pour constituer le matériel génétique du zygote est symétrique. Un zygote diploïde redevient haploïde à la suite d'une méiose. Dans les processus parasexués, il n'y a pas de gamètes, mais deux cellules à rôle opposé : un parent donneur qui introduit dans l'autre parent (receveur ou accepteur), une partie de son matériel génétique et donne un mérozygote qui contient la totalité du matériel génétique de l'accepteur. Ce matériel génétique est appelé endogénote.

De plus, un ou plusieurs fragments d'ADN du donneur (exogénote) rentre dans ce nouveau matériel génétique mais les exogénotes sont incapables de se multiplier et finissent par disparaître. De temps en temps, l'exogénote peut s'intercaler avec la région homologue de l'ADN du receveur. Par la suite, des descendances du mérozygote vont apparaître et donneront des bactéries à matériel génétique recombiné. Toutefois, la majeure partie du génome provient du receveur.

1\ La transformation.

Exemple avec *Streptococcus pneumoniae* : Un échange génétique peut se produire, quand, dans un milieu de culture où se développe une population bactérienne avec un génotype donné, on introduit de l'ADN correspondant à un génotype différent. La transformation ne peut se produire que si les bactéries sont dans un état «compétent ».

Dans le cas de l'agent de la pneumonie (g+), l'état de compétence est conféré par un facteur de compétence (une protéine soluble de faible poids moléculaire, produite et excrétée par les bactéries dans le milieu de culture) qui est absorbé sur certains sites de la surface cellulaire. Ce facteur induit une cascade de réactions permettant l'entrée dans la cellule de l'ADN transformant.

Si l'ADN est originaire d'un organisme différent mais s'il présente suffisamment d'homologies avec celui de l'endogénote, il est intégré à ce dernier sous forme de courtes séquences. La bactérie réceptrice, en intégrant une partie de l'information génétique de l'ADN donneur, acquière donc, une ou plusieurs caractéristiques du donneur.

2\ La transduction.

Ce mécanisme de recombinaison génétique s'opère par l'intermédiaire d'un bactériophage. Il y a infection d'une bactérie par un virus (virion), qui se multiplie à l'intérieur et qui provoque sa destruction. Pendant cette multiplication, ce virus peut intégrer à son ADN

une partie du génome de la cellule infectée. Au cours de l'infection d'une nouvelle bactérie, le virion introduit dans celle-ci, une séquence du génome de la cellule infectée précédemment. Ces virions sont appelés : « vecteur de transduction ».

3\ La conjugaison (sur *Escherichia coli*).

Une véritable différenciation de type sexuel existe. Deux bactéries entrent en contact par un pont cytoplasmique. La bactérie mâle est plus petite que la bactérie femelle (réceptrice). La bactérie mâle injecte un brin d'ADN représenté par un plasmide ou un chromosome.

Un trait dominant du monde bactérien est une grande variété et un important métabolisme. Les bactéries peuvent fixer l'azote atmosphérique.

Exemple : Des bactéries sont à l'origine du gaz naturel et de la houille. Elles ont donc un rôle fondamental. Sur l'Homme, elles peuvent avoir un rôle bénéfique ou pathogène.

Les bactéries peuvent être :

- aérobies strictes.
- aérobies facultatives (elles vivent avec ou sans oxygène).
- anaérobies strictes (elles vivent sans oxygène).
- anaérobies qui supportent la présence d 'oxygène en faibles concentrations.

Les bactéries anaérobies sont les plus anciennes. Certaines bactéries, comme les végétaux, sont capables d'utiliser les radiations lumineuses comme source d'énergie. Ce sont des phototrophes, mais leurs pigments sont différents de ceux des végétaux. En général, la photosynthèse a lieu en milieu, à peu près, anaérobie.

Les bactéries qui effectuent toutes leurs synthèses à partir du CO_2 comme seule source de carbone sont dites «photoautotrophes ».

D'autres bactéries vivent au dépend des composés organiques tout en continuant à utiliser l'énergie lumineuse. Ce sont les «photohétérotrophes ».

Des bactéries vertes utilisent le CO_2 comme source de carbone et H_2S comme source de pouvoir réducteur. Ces bactéries sont dites : « chimio-litho-hétérotrophes ».

➔ Les bactéries peuvent vivre partout.

<u>Remarque :</u> Les pigments permettant la photosynthèse sont les bactériophylles et les caroténoïdes.

II\ Les cyanobactéries.

C'est le deuxième grand groupe des procaryotes. On les appelle aussi cyanophycées ou blue-green algae.

A\ Généralités.

Les cyanobactéries n'ont pas de recombinaison génétique. Au niveau des pigments, on note la présence de chlorophylle A, ainsi que d'autres pigments : les billiprotéines qui sont solubles dans l'eau (exemple : la Phycoérythrine qui est rouge et la phycocyanine qui est bleue).

Au microscope, la cellule bactérienne apparaît souvent homogène car elle n'a pas de plastes individualisés. Toutefois, on arrive à distinguer une zone périphérique : le chromatoplasme, et une partie centrale : le centroplasme ou nucléoplasme. La cellule est entourée d'une paroi épaisse. Celle-ci est similaire à la paroi des gram-. Dans un certain nombre de genres, on note la présence d'une gaine. Celle-ci peut avoir une structure lamellaire très épaisse. Les cellules sont dans une sorte de gelée.

B\ Structure et fonctions.

1\Le chromatoplasma.

C'est une partie très colorée par les pigments. On y trouve des thylacoïdes (se sont des sacs aplatis sur lesquels est fixée la chlorophylle). Ils sont dispersés dans le centroplasme, mais ne sont jamais entouré de parois pour former des chloroplastes.

Le complexe pigmentaire. Il est constitué par la chlorophylle A qui est fixée sur les thylacoïdes, et par les caroténoïdes.

L'énergie lumineuse que peuvent capter les caroténoïdes est faible mais ils peuvent avoir un rôle écologique important car ils protègent contre une trop forte intensité lumineuse et empêchent donc la photo-inhibition.

Les billiprotéines sont des pigments, excellents capteurs de l'énergie lumineuse et la retransmettent presque à 100% à la chlorophylle. Ces billiprotéines donnent un avantage car la présence de ces deux pigments permet de capter tout le spectre de la lumière (entre 400 et 800 nm). Quand le milieu est carencé en azote, les cyanobactéries utilisent celui contenu dans les billiprotéines.

2\ Les inclusions cellulaires.

Les granules de carboxysome : elles sont le lieu de localisation des enzymes fixant le CO2 (Rubisco)

Les granules de polyphosphates (= la volutine). Ils sont métachromatiques (s'ils sont colorés par le bleu de méthylène ils seront rouges). Ils sont le lieu d'accumulation du phosphate. Ils sont utilisés quand le milieu extérieur est carencé en phosphate.

Les granules de cyanophycine. Ce sont des réserves d'azote qui peuvent être utilisées des deux côtés de la paroi cellulaire.

Ces granules se constituent quand le milieu est riche en un élément. C'est un avantage dans la compétition entre cellules. A partir de ses réserves, une cellule peut se multiplier 7 à 8 fois.

Chez les cyanobactéries planctoniques, on trouve très souvent des pseudo-vacuoles gazeuses (ce sont de petits cylindres creux, remplis d'air, leur diamètre est à peu près de 70 nm). Leur paroi est perméable à l'eau : c'est un espace creux en équilibre avec les gaz dissous dans le cytoplasme

Leur rôle est de permettre aux cyanobactéries de faire des migrations verticales soient journalières, soient, plus étalées dans le temps. Quand ces bactéries sont soumises à une trop faible intensité lumineuse, il y a multiplication des pseudo-vacuoles gazeuse : ce qui permet une remontée vers la surface.

➔ Donc : plus l'intensité lumineuse augmente, plus la pression osmotique augmente. On assiste donc a un collapsus ou dégonflement de ces vacuoles qui entraîne la descente des ces bactéries.

Le génome : Il est constitué de fibrilles d'ADN localisées dans le nucléoplasma.

3\ Cyanobactéries coloniales et multiplication asexuée.

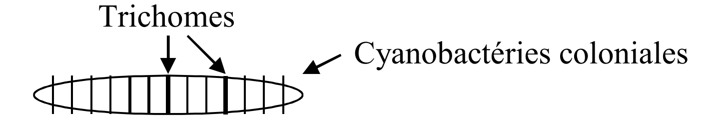
Certaines cyanobactéries (coloniales) possèdent des cellules spéciales appelées «hétérocystes ». Ces cellules se distinguent par une couleur plus verdâtre, moins dense, avec une paroi plus épaisse et surtout avec à chaque extrémité, la présence d'un pore qui la met en contact avec les cellules contiguës du filament. Les hétérocystes perdent leur carboxysomes (et l'enzyme Rubisco [Ribulose 1,5 diphosphate carboxylase] qui fixe le CO2), et ne peuvent donc plus effectuer la photosynthèse, et ne peuvent en conséquence, plus rejeter d'oxygène.

Les hétérocystes sont considérés comme les cellules les plus aptes à fixer l'azote atmosphérique. Tout autour des hétérocystes, il n'y a pas d'oxygène, c'est ce qui permet un meilleur fonctionnement de la nitrogénase (c'est l'enzyme qui fixe l'azote).

En milieu anaérobie, toutes les cellules fixent l'azote atmosphérique. Les hétérocystes ont la faculté de produire des askinètes. Ce sont des spores de résistances : c'est une cellule normale qui grandit, se remplie de matière organique et se protège avec une épaisse membrane, puis se laisse tomber au fond du milieu, puis remontera plus tard pour recoloniser le milieu.

Remarque : il existe de vrais et de fausses ramification chez les cyanobactéries.

La multiplication asexuée : certaines formes de cyanobactéries forment des endospores ou nannocystes, d'autres forment des exospores. Beaucoup de cyanobactéries se multiplient grâce à des spores pluricellulaires qui sont appelés hormospores.



Ecologie des cyanobactéries :

Elles sont rencontrées dans tous les milieux. Dans certains cas, elles ont un rôle utile, par exemple, dans certains cours d'eau, elles fixent l'azote et servent ainsi d'engrais naturel. Elles peuvent aussi avoir des effets négatifs : elles peuvent sécréter des toxines qui seront toxiques pour les autres habitants du milieu. Elles peuvent aussi être néfastes par leur nombre.

Chapitre 2 :
Sexualité et compatibilité.

Si la reproduction sexuée suppose la formation de gamètes des deux sexes, elle exige en outre la compatibilité : les gamètes mâles et femelles doivent avoir le pouvoir de s'unir.

I\ La différenciation sexuelle.

Elle est génotypique ; si à la méiose, une ségrégation est responsable de la formation en nombre égal de deux catégories de méiospores, on a alors 50% de mâles et 50% de femelles.

A contrario, s'il n'y a pas de ségrégation sexuelle méiotique, la manifestation de la sexualité sera beaucoup plus tardive et seulement d'ordre phénotypique. Cette différenciation s'établit sous l'influence de facteurs internes et externes. Ces deux possibilités se rencontrent chez les algues et chez les mycètes.

Cette présentation du déterminisme de la sexualité est simplifiée car il ne tient pas compte du phénomène de sexualité relative.

On a 4 types de gènes : masculinisant fort, masculinisant faible, féminisant et neutre, qui sont responsables de 4 catégories de thalles : Mâle fort, mâle faible, femelle forte, femelle faible. Si un gamète mâle faible se comporte comme un mâle avec les gamètes femelles (forte et faible), il peut se comporter comme un gamète femelle avec un mâle fort.

Quand les gamètes mâles et femelles arrivent à maturité en même temps sur un même thalle, celui-ci appartient à une espèce monoïque, ce qui n'implique pas forcément de reproduction monoïque (autofertilité ou autostérilité).

Si l'on a plusieurs thalles, on observe une interfertilité ou une interstérilité selon les cas. Pour les dioïques, le voisinage d'un thalle mâle et d'un thalle femelle mature, n'est pas suffisant pour qu'il y ait fécondation (il y a stérilité ou fertilité).

II\ Homothallisme et hétérothallisme.

A\ Homothallisme.

S'il y a incompatibilité, il existe, dans une espèce homothallique des thalles génétiquement différents.

Si l'espèce est monoïque, chaque thalle est autofertile mais l'interfertilité est possible avec les autres thalles.

Si l'espèce est dioïque, il faut deux thalles différents. Dans ce cas, tous les thalles mâles et femelles sont interfertiles.

Dans le cas des homothalliques, la recombinaison génétique est, sauf mutation, pratiquement nulle ou très faible pour les espèces monoïques. Si, chez des monoïques, les gamétocystes des deux sexes ne parviennent pas à maturité en même temps, l'autofertilité n'est plus que théorique, et l'interfertilité autorise dans ce cas, une certaine recombinaison génétique.

L'homothallisme se rencontre chez les algues et les mycètes. Toutefois les mycètes présentent plus souvent l'hétérothallisme.

B\ L'hétérothallisme.

On a un ou deux couples d'allèles qui sont responsables de la compatibilité et qui sont séparés pendant la méiose. Ce phénomène entraîne l'existence de deux catégories de thalles chez les monoïques (on parle d'hétérothallisme bipolaire)

Ces mêmes couples d'allèles entraînent l'existence de 4 catégories de thalles chez les dioïques (on parle d'hétérothallisme tétrapolaire).

1\ Hétérothallisme bipolaire.

Une espèce monoïque est représentée par deux sortes de thalles. Les uns donnent le type conjugal plus (+), les autres donnent le type conjugal moins (-). La fécondation ne peut se faire qu'entre gamètes complémentaires + et -. L'autostérilité est donc obligatoire.

2\ Hétérothallisme tétrapolaire.

Chez les dioïques, on a quatre catégories de thalles : les mâles +, les mâles -, les femelles +, les femelles -. L'interfertilité n'est réalisée qu'entre thalles de sexe et de type conjugaux différents. Si l'hétérothallisme tétrapolaire donne quatre types de thalles (A1B1, A1B2, A2B1, A2B2), on a interstérilité quand les thalles ne sont pas entièrement complémentaires et infertilités quand ils le sont.

⇨ La fécondation unie toujours les 4 allèles différents.

Chapitre 3 :

Les Algues.

I\ Généralités.

Les algues sont des thallophytes. Elles se reproduisent grâce à des gamètes qui se forment dans les gamétocystes et se multiplient végétativement par des spores formées dans les sporocystes.

Les algues se caractérisent par la présence d'un noyau et de plastes, et par la reproduction sexuée.

En 1975, des chercheurs ont trouvé un procaryote : l'Olochron, qui vit en symbiose avec l'Aclidie et qui contient de la chlorophylle A et B. Il serait à l'origine de tous les végétaux supérieurs contenant ces deux types de chlorophylles.

Les algues existent dans tous les milieux humides, dans l'air. Dans les régions tropicales on les trouve même sur les murs des bâtiments. Elles peuvent être endophytes de certains protozoaires ou métazoaires. Certaines algues s'associent à des champignons et forment les lichens.

Au point de vue reproduction, on trouve trois cycles différents chez les algues : haplophasique, haplodiplophasique ou diplophasique. Elles ont des modes de fécondation divers : planogamie (gamètes flagellés), oogamie (gamète mâle mobile et femelle immobile), cystogamie (pas de gamète flagellé), trichogamie…

II\ Caractères morphologiques et cytologique des algues.

- Elles peuvent être unicellulaires, filamenteuses, ou parenchymateuses. Leur taille est très variable : de 3µm à 60m.
- Cytologie des algues : Le plastidum est appareil cinétique qui concerne les flagelles.
- Chez les algues, les plastes sont très variés et différents par leur morphologie, leur nombre, leurs dimensions, la structure et la composition chimique.
- La morphologie des plastes varie beaucoup d'un groupe à l'autre. Les algues considérées comme les moins évoluées ne contiennent qu'un plaste par cellule. Ce sont les archéons.

D'autres algues ont leurs plastes réunis en réseau par un tractus incolore : on dit que ces plastes sont mesplastidiés. Les formes les plus évoluées d'algues renferment de nombreux plastes indépendants, comme ceux des plantes supérieures qui sont dits néoplastidiés. Cette fragmentation successive des plastes entraîne une augmentation de la surface active par rapport au volume des substances plastidioles renfermées dans la cellule. Certaines formes

évoluées ont une structure hétéroplastidiées. On assiste à une division du travail entre deux séries de plastes : des chloroplastes spécifiques de la photosynthèse et des leucoplastes ou amiloplastes spécifiques de l'élaboration et de l'accumulation d'amidon.
Remarque : Quel que soit leur nombre, les chloroplastes montrent un phototachisme très net offrant leur plus grande surface aux rayons lumineux suivant l'intensité de ceux-ci.

III\ Structure.

A\ L'enveloppe.

Le nombre de chloroplastes est témoin de l'origine de ces groupes. Chez les algues, on a par exemple :
- Les rhodophylles ont un chloroplaste entouré de deux membranes. En fait, ces eux membranes ont une origine différente
- Euglénophylles et dinophycées ont trois membranes autour des plastes. Pour les dinophycées, cela viendrait de trois symbioses successives et pour les euglénophylles, ce serait une cellule eucaryote qui aurait englobé une association déjà symbiotique avec des chloproplastes à deux membranes et peut-être quelques restes d'algues vertes.
- Dans le cas des organites à quatre membranes, il y aurait deus symbioses successives, une symbiose entre un ancêtre eucaryote et une cyanobactérie. Ce qui donnerait l'archétype d'une algue rouge qui ensuite aurait subit une symbiose avec un eucaryote flagellé incolore.

En microscopie électronique, on a mis en évidence l'existence d'un organisme nucléomorphe (vestige de noyau).

B\ Les chloroplastes.

Ce sont les plastes chlorophylliens des algues. Ils possèdent une structure lamellaire due aux thylacoïdes qui sont des sacs membraneux aplatis, au niveau desquels sont localisés les pigments des cyanobactéries. Ils ne sont pas entourés de membrane dans le cytoplasme.

Chez les algues rouges, les thylacoïdes sont séparés les une des autres. Les phycobilisomes sont à l'extérieur des thylacoïdes comme chez les cyanobactéries.

Chez les algues brunes (les phéophytes) diatomées et les chrysophycées, les thylacoïdes sont groupés par trois et accolés sur une grande surface. Chez les cryptophycées, les thylacoïdes sont groupés par paires.

Chez les algues vertes (A+B), les thylacoïdes forment un empilement irrégulier rappelant le granum des plantes supérieures et sont accolés sur une grande distance

C\ Le stroma et annexe plastidiaux.

Le stroma a un rôle métabolique et physique important car il renferme plusieurs enzymes, de l'ADN et des ribosomes. Les ribosomes des plastes sont différents de ceux des mitochondries. Parmi les annexes, on a les pyrénoïdes qui sont important quand on fait de la détermination d'algue. Ce sont des organites de nature protéique. Ils apparaissent comme différenciation du stroma plastidial. Chez les algues vertes, les pyrénoïdes sont entourés d'une membrane.

On a différentes localisations des chloroplastes : le stigma que l'on retrouve chez les cellules mobiles et il provient généralement de la différenciation d'une petite partie d'un plaste unique mais il peut également provenir de la transformation totale d'un plaste quand la cellule en possède plusieurs. Il est situé au voisinage de l'insertion des flagelles et est souvent associé à un photorécepteur pouvant être situé sur un renflement de la base flagellaire.

D\ L'appareil cinétique.

Beaucoup d'algues unicellulaires ou coloniales ont des flagelles. Le nombre de flagelles est souvent deux (on en a en général entre 0 et 4). Toutefois, on en trouve beaucoup plus chez certaines cellules reproductrices. Ces flagelles peuvent être égaux ou inégaux. Ils ont en général la même orientation. Les flagelles peuvent posséder des expansions fibrillaires appelées «mastigonèmes ».

Le nombre, la forme et la disposition des flagelles sont une des manifestations de la diversité des algues. Cela permet de caractériser des groupes ou des espèces dans un but taxonomique.

IV\ Les cycles de reproduction.

A\ Les rhodophytes.

Ce sont les formes les plus primitives ; elles proviendraient d'une seule symbiose. Elle a un chloroplaste à 2 membranes : la membrane d'une cyanobactérie plus la membrane d'une vacuole. Elles ont des points communs avec les cyanobactéries. On note la présence de billiprotéines (phycobilline) et de phycobillisomes situés à l'extérieur des thylacoïdes. Il n'y a qu'une seule classe : les rhodophycées qui sont pour la plupart des algues marines. Il y a 600 genres connus dont 29 en eau douce. Les algues marines sont presque toutes rouges alors que les formes d'eau douce le sont rarement (les billiprotéines sont solubles dans l'eau).

1\ Caractéristiques :

- Elles possèdent de la chlorophylle A et D, donc possèdent des billiprotéines qui leur permettent de balayer tout le spectre d'absorption de la lumière, ce qui leur permet de pouvoir effectuer la photosynthèse. Elles vivent et se développent en grande profondeur. Leurs réserves sont constituées par l'amidon florigueen (ou rhodamylon).
- On peut observer la présence de synapses qui sont les stigmates laissés après une ouverture de la paroi lors de la formation de 2 cellules. Ces synapses ont aussi un rôle dans la migration de substances dissoutes qui est encore mal défini.

2\ Morphologie.

Elles sont cladomientes, c'est à dire, typiquement constituées par un axe primaire non chlorophyllien. Cet axe primaire peut se ramifier en cladome II et III. Ces cladomes portent des rameaux courts, ramifiés à croissance limitée et sont toujours chlorophylliens : ce sont les pleuridies.

On observe différentes structures de cladomes :

- Des cladomes uniaxiaux à croissance indéfinie par le jeu d'une cellule initiale apicale. Ils portent des pleuridies alternes ou opposées. L'axe du cladome est toujours constitué par une seule file de cellules qui sont haplostichées.
- Des cladomes multiaxiaux avec des pleuridies typiques, non cortiquantes. L'axe cladomien est formé de plusieurs files de cellules.

Les cladomes uni ou multiaxiaux, avec leurs pleuridies, forment un cortex appliqué sur l'axe.

Toutes les cellules coxales portent des pleuridies, mais celles-ci sont très courtes, soudées, constituants des nœuds le long des filaments axiaux.

Les cladomes rhodoméloïdes sont toujours liés à une structure uniaxiale. Les pleuridies ont un grand développement et forment un cortex appliqué sur l'axe. Une seule n'est pas appliquée et forme la pleuridie chlorophyllienne. Elles sont distribuées comme les feuilles d'un phanérogame.

Quand le cladome est en lames folliacées, les pleuridies sont soudées entre elles.

3\ Reproduction sexuée sans flagelle.

Les rhodophycées sont des algues marines de petite taille (1 à 4 cm), vivant sur les rochers et se développant sur les côtes de la Manche, l'Atlantique Nord et la Méditerranée. C'est une algue annuelle qui fructifie du printemps à l'automne.

Le gamétophyte est dioïque, bien que les plantes mâles et femelles soient haploïdes.

- Sur les thalles femelles, à partir de la cellule coxale d'une pleuridie, naît un rameau particulier : le rameau carpogonal. Il y a trois cellules incolores à la base du carpogone où de trouve l'oosphère munie d'un trichogyme.

- Sur les thalles mâles, à partir des cellules des pleuridies, naissent des petites ramifications portant de nombreux gamétocystes mâles produisant chacun un gamète unique nue et non flagellé : c'est une spermatie. Les spermaties flottent passivement dans l'eau et se fixent sur le trichogyme du carpogone et le contenu de la cellule de la spermatie passe du

trichogyme puis au carpogone. A ce moment, il y a union des 2 noyaux. Le zygote ainsi formé est entouré de la paroi du carpogone surmonté du trichogyme qui flétrie. Les noyaux se divisent par mitoses successives. Un ensemble de cellules arrondies est un gonimoblaste. Ces cellules sont des carposporocystes qui donnent naissance à des carpospores avec un noyau à 2N.

L'ensemble carpogone plus gonimoblaste forme le carposporophyte. Ce dernier est situé sur le thalle qui lui a donné naissance. Ce qui donne un thalle à 2N, morphologiquement identique à ceux à N chromosomes. Ce thalle à 2N constitue le tétrasporophyte. Celui-ci donne naissance a des tétraspores provenant de cellules spécialisées : ce sont les tétrasporocystes où a lieu la méiose qui donnera 4 tétraspores à N chromosomes (espèce monoïque).

Les rhodophycées ont un cycle haplodiplophasique trigénétique (thalle à N chromosome donne un gamétophyte qui lui donnera un carposporophyte). Le gamétophyte donne le tétrasporophyte qui libérera les tétraspores.

B\ Les chromophytes

1\ Généralités.

Ce sont des algues qui possèdent les chlorophylles A et C. Ils font parti de la classe des Phéophycées. Ce sont des algues en général marines. Leur taille et leur abondance leur donne un rôle important dans la végétation marine et dans les zones de balancement des marées. De plus, ces algues abritent une faune variée de poissons, crustacés qui y trouvent une nourriture abondante (c'est la chaîne alimentaire des bords de mer).

Par exemple : - au Japon, certains bords de mer sont exploités pour l'alimentation humaine : ce sont les Kombu. – Ils sont utilisés dans l'industrie alimentaire pour l'extraction des alginates dans : les yaourts, les cosmétiques, la peinture, l'imprimerie… Ils servent d'épaississants ou de gélifiants.

Dans ce groupe, l'anatomie et les modes de reproduction sont variés. Toutefois, les phéophycées possèdent une grande homogénéité dans leurs structures cytologiques. Leurs plastes contiennent de la chlorophylle A et C, et de la fucoxanthine (pigment spécial de coloration noire). Elles sont toujours pluricellulaires. Les cellules reproductrices mâles sont toujours biflagellées (un flagelle antérieur et un postérieur). Les flagelles s'insèrent sur le côté de la cellule.

2\ Les cycles de reproduction.

On en a de 2 types : haplodiplophasique chez *Ectocarpus* et *Laminaria*, et diplophasique chez *Fucus*.

a\ *Ectocarpus siliculosus.*

Ils sont en forme de petites touffes de filaments bruns qui sont ramifiés et constitués de simples fils de cellules (ils sont rampants ou dressés). Chaque cellule renferme plusieurs plastes rubanés, où l'on trouve des pyrénoïdes.

On a deux types d'individus identiques morphologiquement :

- les gamétophytes à N chromosomes.
- les individus sporophytiques à 2N chromosomes.

1\ La multiplication asexuée.

Elle se fait à partir de sporocystes pluriloculaires. Ils se forment à partir d'une cellule, qui subit de nombreuses mitoses, puis donne des petites loges qui vont donner naissance à une zoospore qui se fixera pour donner naissance à un nouveau gamétophyte. Si les zoospores sont haploïdes, ils proviennent d'un gamétophyte et s'ils sont diploïdes, ils proviennent d'un sporophyte.

2\ La reproduction sexuée.

Certaines cellules issues des sporocystes, à partir des gamétophytes (mâles ou femelles) donnent des spermatozoïdes. Certaines gamètes se comportent comme des gamètes femelles attirants les gamètes mobiles mâles. C'est une reproduction de type planogamie car les gamètes mâles ont des flagelles (sont mobiles), isogame morphologiquement (même forme) mais anisogame fonctionnellement.

Les gamétophytes sont dioïques, qu'ils soient mâles ou femelles.

Le zygote formé va se développer en redonnent un sporophyte identique au gamétophyte. Dans des cas exceptionnels, le sporocyste reste sous la forme d'une grande cellule dont le noyau subit de nombreuses divisions cellulaires. Les nouveaux génomes donneront des gamètes.

⟹ Cycle haplodiplophasique, espèce dioïque, fécondation par planogamie isogame morphologiquement et anisogame fonctionnellement. La multiplication asexuée est réalisée grâce à des zoo-mitospores haploïdes et diploïdes.

b\ Les laminaires.

1\ Généralités.

Ils peuvent mesurer jusqu'à quelques dizaines de mètres. Leur thalle est constitué par un stipe. La croissance se réalise entre le stipe et la fronde grâce aux méristèmes intercalaires. L'appareil végétatif diploïde donne le sporophyte. Il n'y a pas de multiplication asexuée par mitospores. Les trois parties du thalle (stipe, méristèmes et fronde) ont la même organisation histologique. De l'intérieur vers l'extérieur, on distingue :

- Le méristoderme. Il assure la croissance en épaisseur et produit uniquement des cellules vers l'intérieur, ce qui forme des couches concentriques rappelant les cernes du bois de printemps et d'automne (vers l'extérieur, on a les canaux mucifer). Seules les cellules externes sont chlorophylliennes. Tout le méristoderme intervient dans l'absorption des nutriments.
- Le cortex. Il est plus ou moins épais selon l'âge. Il est constitué d'assises de cellules séparées par une matrice intercellulaire
- La moelle ou zone médulaire. Elle est composée de files de cellules ramifiées à plastes peu nombreux. Ils forment des hyphes comme chez les mycètes. Les parois longitudinales sont plus épaisses chez les fibres (vaisseaux conducteurs).

2\ La reproduction sexuée.

Quand l'appareil végétatif est fertile, il se couvre de grandes plages irrégulières appelées les «sores » qui sont plus sombres et légèrement en relief à la surface de la fronde. On trouve des sporocystes qui sont dressés perpendiculairement à la fronde et mélangés à des cellules stériles ou paraphyses.

Dans les sporocystes, s'effectue la méiose. Chaque sporocyste donne naissance de 32 à 64 méiospores biflagellés qui vont germés en donnant un nouvel organisme beaucoup plus petit : C'est le prothalle. Il est constitué de filaments rampants et de quelques filaments dressés et ramifiés. Sue ces derniers filaments se différencient les gamétocystes. On a deux types de gamétophytes (mâle et femelle). Les femelles sont plus grandes que les mâles. Les gamétophytes mâles portent les gamétocystes mâles qui produisent un gamète mâle chacun porteur de deux flagelles à insertion latérale. Les gamétophytes femelles portent les gamétocystes femelles à l'intérieur desquels il y a un gamète immobile : l'oosphère. Celle-ci n'est pas complètement libérée. L'oogame s'ouvre mais reste fixé au gametophyte.

Le zygote formé va redonner un appareil végétatif à 2N. Chez les laminaires, le cycle est digénétique (2 générations).

Le gamétophyte haploïde est de taille réduite et de durée de vie très courte. Il n'y a pas de multiplication asexuée chez les laminaires.

c\ *Fucus vesicu.*

C'est algue brune très répandue dans les mers tempérées et froides de l'hémisphère Nord.

1\ Appareil végétatif.

Il est diploïde, constitué d'un ensemble de lanières plus ou moins rubanées, ramifiées dicotomiquement dans un même plan. L'algue est fixée sur un rocher grâce à un disque adhésif et peut atteindre quelques décimètres de long. Sur la fronde, on observe une nervure médiane saillante, des vésicules pleines de gaz (des flotteurs). La croissance de la fronde se fait par une cellule initiale unique, située dans une invagination au sommet des ramifications. Comme chez les Laminaires, il n'y a pas de multiplication asexuée.

2\ La multiplication sexuée.

Le thalle est diploïde, c'est un sporophyte, qui porte des gamétophytes regroupés à l'intérieur de conceptacles qui sont à l'extrémité des frondes. Le fucus est une espèce dioique (une plante mâle et une plante femelle).

- Le gamétophyte mâle. A son extrémité, il y a des poils non fertiles (les paraphyses), qui sont de petits filaments ramifiés qui portent les gamétocystes. Chaque gamétocyste subit la

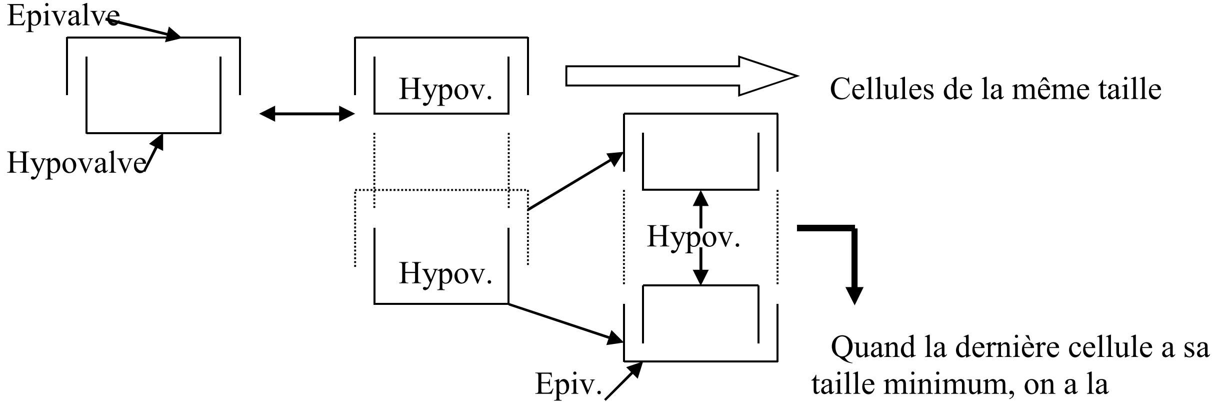
méiose et donnent quatre noyaux. Puis, il subit quatre mitoses qui donnent 64 spermatozoïdes biflagellés sur le côté.

- Le gamétophyte femelle. On y trouve des réceptacles mélangés à des paraphyses non ramifiés, ce qui donne un gamétocyste femelle où se réalise la méiose qui va donner quatre cellules, puis huit oosphères non flagellées. Ces dernières sont libérées dans l'eau de mer et attirent les spermatozoïdes. Là, a lieu la fécondation qui donne naissance à un zygote à 2N qui germera en donnant un thalle mâle ou femelle à 2N. C'est une reproduction par oogamie. Le cycle est diplophasique et monogénétique, l'espèce est diplophasique.

d\ *Bacillarophyceae.*

C'est une diatomée avec un important rôle écologique : ils constituent la base de chaînes écologiques et ont un rôle d'auto-épurateurs dans les rivières et servent d'indicateurs de pollution.

Ces diatomées sont constituées par 2 valves (épivalves et hypovalves). Quand la cellule se divise, il apparaît entre les deux valves, des connectives (ou ceintures ou bandes) qui sont appelées des cingulum. L'épivalve génère une valve de même dimension que son ancienne hypovalve. La diatomée est comme une boite de camembert.



reproduction sexuée et les diatomées retrouvent leur taille initiale.

C\ Les chlorophycées.

1\ Généralités.

Ce sont des algues qui possèdent de la chlorophylle A et B.

Elles sont regroupées en quatre classes :

- Les chlorophyceae
- Les Prasinophyceae
- Les Zygophyceae
- Les charophyceae

On trouve, dans ces quatre classes, tout types d'algues : unicellulaires, flagellées, filamenteuses, ramifiées, en siphon (pas de cellules déterminées mais avec un grand nombre de noyaux)… Dans la sous-classe des chlorophycidées, on trouve par exemple l'ordre des volvocales, et comme type de chlorophycées flagellées, on a le genre Chlamydomonas.

2\ Cycle de *Chlamydomonas isogame.*

C'est une espèce dioïque. Les cellules normales peuvent donner des sporocystes qui donneront des sporocystes qui redonneront des Chlamydomonas.

Le gamétocyste : il est obtenu grâce à une réunification des parties antérieures (là où sont les flagelles). Il donne un pré-zygote à quatre flagelles (pendant peu de temps). Ce planogamète perd ses flagelles et donnent un zygote avec une membrane épaisse, qui peut servir de forme de résistance. Dans le zygote, il y a la réduction chromatique qui donne les méiospores qui redonneront un nouveau Chlamydomonas. Cette espèce a un cycle monogénétique.

3\ Cycle de reproduction de l'Ulve (*Ulva lactuca*).

L'Ulve fait parti de l'Ordre des **Ulvales** et de la sous-classe des **Ulotrichophycidées**. Le thalle est en forme de lame avec deux couches cellulaires. Il se reproduit à grande vitesse à cause de l'eutrophisation des côtes (les eaux marines sont trop riches en phosphore). Ces algues sont bien étudiées pour de multiples raisons :

- Elles n'ont pas de multiplication asexuée.
- Leur reproduction sexuée est celle d'une espèce dioïque.

Les deux types de gamétophytes sont identiques morphologiquement. Les cellules qui bordent ces thalles deviennent des gamétocystes et libèrent des gamètes biflagellés (de 16 à 32 gamètes pour le mâle et de 8 à 16 pour la femelle). Les gamètes femelles sont aussi biflagellées mais bien plus grosses.

La copulation donne un œuf planozygote à quatre flagelles. Il se fixe et donne un thalle diploïde, morphologiquement identique aux thalles haploïdes des deux sexes. Les cellules en bordure de ce thalle diploïde (ou sporophyte) donnent des sporocystes à l'intérieur desquels il y a réduction chromatique et formation de quatre méiospores quadriflagellées. Ceux-ci se fixent et redonnent des thalles haploïdes. Dans chaque sporocyste, on a deux méiospores mâles et deux femelles.

⇨ Cycle haplodiplophasique, digénétique (à deux générations). Comme il a des thalles mâles et femelles, individus dioïques et planogamie anisogame car les gamètes mâles et femelles se différencient par leur taille.

4\ Cycle de *Oedogonium*.

Il fait toujours parti des chlorophycées mais de la sous-classe des Oedoniophycidées. Cette sous-classe se caractérise par des genres coloniaux qui forment des filaments. Ces filaments se caractérisent par une croissance intercalaire : seules certaines cellules se divisent. Celles qui ont subi la division portent une calotte marquée par des cicatrices (on a la formation d'un bourrelet). Les espèces de Gedogonium sont monoïques ou dioïques.

Pour reconnaître une espèce, il faut observer le zygote. Les zygotes portent différentes ornementations.

Dans le cas des monoïques, le sporocyste va former une zoospore (ou androspore) qui va s'insérer dans la cellule se trouvant sous l'oosphère puis va former un mâle nain qui, lui, ira féconder l'oosphère.

5\ Cycle des zygophycées. Cas du *Zygnéma*.

Ce sont des algues filamenteuses ou unicellulaires. Leur caractère commun est la façon dont se déroule la reproduction sexuée.

Le zygnéma est une espèce dioïque. La reproduction a lieu quand les conditions du milieu deviennent défavorables. Les filaments se mettent en parallèle les uns aux autres. Une cellule prend le rôle de cellule mâle et fait migrer tout son cytoplasme vers la cellule contiguë (réceptrice ou femelle). Il y a fécondation et formation d'un zygote par une cystogamie anisogame. Quand une cellule commence à subir ce phénomène, toutes les autres font de même : c'est une conjugaison scalariforme. Il n'y a pas de gamètes flagellés. L'œuf s'entoure d'une membrane épaisse, différemment ornée selon les espèces, puis se laisse tomber au fond du milieu de vie. Quand les conditions redeviennent favorables, il germe, subit la méiose et donne quatre noyaux haploïdes dont trois qui dégénèrent. Le noyau subsistant va donner un nouveau thalle haploïde.

Remarque : Pour la cystogamie isogame, le contenu des deux cellules migre dans un canal copulateur où le zygote se forme.

6\ Les pyrophycées.

Elles ont deux parties séparées par sillon longitudinal où se trouve un flagelle. Un autre flagelle se trouve dans un autre sillon partant du centre.

Chapitre 4 :

LES BRYOPHYTES.

Certains bryophytes sont encore thalloïdes (avec des thalles) : ce sont les hépatiques. D'autres possèdent une tige et des feuilles mais pas de racines, seulement des rhizoïdes ayant un rôle de fixation et d'absorption.

Les bryophytes sont séparées des autres archégoniates par le fait qu'elles sont dépourvues de vaisseaux pour la conduction de la sève ; cependant, chez les espèces les plus évoluées, il y

a un début de différenciation des tissus. Il existe une grande domination du gamétophyte par rapport au sporophyte qui est, toute sa vie, parasite du gamétophyte.

Les bryophytes vivent le plus souvent en milieu humide. On observe sur ces mousses le phénomène de reviviscence : elles peuvent supporter une dessiccation prolongée, en passant à un état de vie ralentie. Quand des conditions viables reviennent, elles font repartir leur métabolisme.

I\ La classe des hépatiques, avec *Riccia sp.*

A\ Le gamétophyte :

Au départ, on a un mitospores à N, puis il germe sur un sol humide et donne de petits filaments : des protonéma de 4 cellules chacun (une cellule est un rhizoïde). Le développement est réalisé par les divisions successives de la cellule apicale, ce qui donne un thalle prostré sur le sol. Ce dernier a l'aspect d'une rosette à plusieurs branches.

Sur le thalle, on peut distinguer deux zones :

- Le parenchyme ventral, riche en réserves et portant les rhizoïdes et les écailles (les amphigastes).
- La zone supérieure est formée par un parenchyme chlorophyllien ou assimilateur. On trouve de nombreux canaux aérifères. L'assise supérieure (ou épiderme) est non chlorophyllienne.

B\ L'appareil reproducteur de *Riccia sp.*

Il est composé des anthéridies et des archégones sur la partie dorsale du thalle, dans le sillon longitudinal.

1\ Les anthéridies.

Elles sont formées par une cellule superficielle du thalle qui, par divisions successives, donne un sac formé par une enveloppe externe constituée d'une assise de cellules. A l'intérieur, les nombreuses cellules sont obtenues par mitose : c'est la différenciation en anthérozoïdes.

Il y a libération des méiospores grâce à la résorption de la paroi externe. Ces spores sont formées de gros noyaux et possèdent deux flagelles.

2\ Les archégones.

C'est une cellule superficielle, qui, à maturité, a la forme d'une «bouteille » attachée au thalle par un pied pluricellulaire (ou pédicelle). Quand le développement de l'archégone est complet, le ventre est surmonté d'un col (ou calyptra) constitué d'une seule couche de cellules. L'oosphère est à l'intérieur du ventre.

3\ La fécondation.

A maturité, l'archégone s'ouvre au sommet. Les cellules qui se trouvent à l'intérieur du col se gélifient. Les anthérozoïdes, attirés par chimiotachtisme (à cause des sucres et des substances de mucilage), se déplaçant dans une goutte d'eau, vont pénétrer dans le col et un seul des anthérozoïdes va s'unir à l'oosphère, ce qui va donner un œuf. C'est la première cellule (à 2N) du sporophyte dont la fécondation s'effectue par zoïdogamie

4\ Le sporophyte à 2N.

L'œuf, par divisions successives, donne un sporophyte globuleux inclus dans le ventre de l'archégone. Il présente deux zones distinctes :

- une zone externe : l'amphithécium qui forme la paroi du sporophyte
- une zone interne : l'endothécium qui par mitoses va donner des cellules nourricières et les cellules mères des archéspores.
- les cellules mères subissent la réduction chromatique et chacune d'elles donnera 4 méiospores libérées après la destruction des tissus du thalle (en général, un an après).
- La nouvelle génération donne un protonéma.

Remarques :

- par liquéfaction, les cellules nourricières et l'amphithécium forment un liquide nutritif.

- les archéspores sont toujours dans le ventre des archégones.

Le sporophyte a une existence transitoire, c'est un parasite du gamétophyte. Il disparaît après la réduction chromatique.

⇨ Le cycle est haplodiplophasique mais avec une dominance du gamétophyte.

II\ La classe des mousses, avec *Funaria hygrometrica*.

On la trouve dans les sous-bois clairs, dans les landes après les incendies

A\ Le gamétophyte : l'appareil végétatif.

Une méiospore à N qui germe sur un sol humide et donne naissance à un filament chlorophyllien unisérié, rampant : le protonéma. Ce filament se ramifie et émet des rhizoïdes. Sur ces filaments naissent des cellules renflées qui après s'être divisées, donnent les tiges feuillées de la Funaria : c'est le gamétophore. Le protonéma disparaît et laisse un ensemble de gamétophores groupés. Chaque pied présente la seconde partie de l'appareil végétatif. Celle-ci est représentée par une tige parfois ramifiée au sommet, portant des petites feuilles à la base et des rhizoïdes unisériés. La tige possède une anatomie simple : un épiderme, une couche d'une assise ou deux de cellules de soutient (les stéréides), une zone corticale parenchymateuse. La zone interne est composée de cellules de fine section jouant un rôle dans la conduction de l'eau. Les feuilles de petites tailles (les microphylles) sont formées d'un limbe d'une seule assise de cellules. La nervure centrale présente des cellules superficielles épidermiques et des cellules internes qui sont des conducteurs.

B\ L'appareil reproducteur monoïque.

1\ Les anthéridies.

Elles sont situées à l'extrémité des rameaux latéraux des gamétophores. Elles se trouvent dans des corbeilles spécifiques, dites «à anthéridies », fermées par un ensemble de feuilles modifiées par rapport aux autres : ce sont les feuilles périgoniales. Entre les anthéridies, se développent des poils stériles : les paraphyses. Les anthéridies se développent à partir d'une cellule superficielle. Des sacs allongés sont reliés à la corbeille par un pied bisérié, à l'extrémité se trouve l'opercule. Les cellules internes se divisent par méiose et donnent des anthérozoïdes qui sont à N chromosomes.

2\ L'archégone.

Il y en a de 2 à 5 par pied. Elles sont situées à l'extrémité de la tige principale, entourées de feuilles périgoniales mais pas de paraphyses. Le développement à lieu à partir d'une cellule unique superficielle. Sa morphologie rappelle celle du *Riccia sp.* , mais le pied est plus épais et le ventre est constitué de 2 ou 3 assises de cellules.

La fécondation : A maturité, les cellules de canal du col (à l'extrémité supérieure) se gélifient. Les anthérozoïdes sont attirés par chimiotachtisme et se déplacent vers l'archégone en nageant dans l'eau de pluie ou dans de la rosée, puis ils pénètrent dans le col. Un anthérozoïde fusionne avec l'oosphère et donne un zygote entouré par une membrane cellulosique.

La reproduction est une zoïdogamie tributaire du milieu (eau ou rosée nécessaire).

3\ Le sporophyte.

L'œuf grossit par mitose et donne le sporophyte (ou sporogone). Il se développe ensuite en entraînant l'archégone qui donnera naissance à la coiffe. Le sporophyte est constitué par le pied (suçoir) fixé en parasite sur le gamétophyte, la soie (long filament), la capsule (ou urne) qui est obturée par les dents du péristome et fermée par l'opercule et le tout est recouvert par la coiffe. Cette urne contient les méiospores à maturité.

4\ L'urne.

Elle se différencie à partir d'une cellule provenant des divisions de l'œuf. Ces cellules (de l'urne) s'organisent en endothécium et amphithécium (constitué par un épiderme pouvant posséder des tomates, par un parenchyme lacuneux et chlorophyllien, par 2 ou 3 assises de cellules qui forment la paroi).

5\ Les archéspores.

En se divisant, les archéspores donnent naissance à des cellules nourricières et aux cellules mères. Ces dernières subissent la réduction chromatique et donnent 4 méiospores (ou tétraspores). Lorsque ces spores sont mûres, la coiffe puis l'opercule tombent, les dents s'écartent, la soie se courbe et les spores peuvent être disséminées et donneront un protonéma quand le temps deviendra humide.

➔ Comme chez *Riccia*, le gamétophyte est prédominant (le sporocyste est parasite), la fécondation est une zoïdogamie, le cycle est haplodiplophasique digénétique et l'espèce est diploïde.

Remarque : Les gamétanges qui donnent naissance à des assises cellulaires sont différents des gamétocystes des algues et des champignons qui donnent des «graines » séparées par la paroi.

Chapitre 5 :
LES PTERIDOPHYTES.

I\ Généralités.

Elles font parti de l'embranchement des archégoniates. Ce sont des cormophytes. Les gamètes sont formés dans les gamétanges. Les ptéridophytes sont des cryptogames vasculaires car ils possèdent des vaisseaux du bois de type scalariforme. Morphologiquement, on a une tige, des feuilles et des racines. Le sporophyte est la forme prédominante, chlorophyllien, rapidement autonome par rapport au gamétophyte. Ce dernier est souvent thalloïde et dépourvu de vaisseaux conducteurs.

Les ptéridophytes vivent en général dans les milieux humides, et certains sont aquatiques (ex : *Azolla*). Certaines formes comme *Ceterach* peuvent résister à la sécheresse. Dans les forêts tropicales, les fougères sont arborescentes.

On trouve de nombreuses espèces de ptéridophytes fossiles, ce qui est une preuve de leur épanouissement pendant les périodes du Carbonifère et du Permien (les restes forment le charbon). Des groupes importants comme les Equisétinées étaient arborescentes.

On trouve quatre classes de ptéridophytes : les Psilophytinées, les Lycopodinées, les Equisétinées et les Filicinées.

II\ La sous-classe des Filicinées, avec *Dryopteris filixmas*.

Elle est aussi appelée «la fougère mâle ».

A\ Le sporophyte ou l'appareil végétatif.

1\ L'appareil végétatif.

C'est une plante feuillée constituée, par une tige souterraine (rhizome) portant un bouquet de grandes feuilles pennatiséquées à son extrémité supérieure, par un pétiole, un rachis (l'axe central) et par des feuilles (pennes) divisées en pinnules. Les feuilles ont une préfloraison circinée (ou en crosse).

2\ Les racines.

Elles sont adventives, avec une stèle (ou cylindre central) à deux pôles ligneux à différenciation centripète ainsi que deux pôles libériens.

3\ Le rhizome.

C'est le cylindre central. Il est composé d'un épiderme, d'un sous-épiderme (en assises de cellules), de parenchymes à réserves amylacées (avec de l'amidon), et de deux cercles concentriques de stèles. Le cercle externe donne les traces foliaires qui donneront les feuilles. Le cercle interne permet la vascularisation propre du rhizome. Chaque stèle a son endoderme à bande de Caspary et son péricycle.

4\ Les feuilles : sont chlorophylliennes avec des stomates.

5\ Les sporanges.

Ils sont à la face inférieure des pinnules. Les sporanges se développent en amas (ou sores) constitués par une colonne centrale sur laquelle sont fixés les sporanges protégés par une membrane (c'est l'indusie). Le sporange n'a pour origine qu'une seule cellule superficielle. La division transversale sonne une cellule interne qui va former le pédicelle et une cellule externe qui donne un sporange de type leptosporangié. La tête du sporange est constituée par un archéspore et des cellules pariétales (autour de la première) puis elles se divisent. On obtient deux assises de cellules. L'assise externe donne le tapis qui est composé de cellules nourricières et l'assise interne qui donnera les cellules mères des tétraspores. Les cellules pariétales donnent la paroi du sporange constitué par un arc de cellules à paroi épaissie sur trois côtés, ainsi que des cellules normales qui forment le stromium (zone de moindre résistance qui s'ouvre par temps sec). Le tapis sert de nourriture aux cellules mères des tétraspores.

6\ La réduction chromatique, formation des spores.

Les cellules mères subissent la réduction chromatique et donne, chacune 64 spores à N chromosomes. Les spores sont entourées d'une membrane épaisse formée de trois couches. Les spores sont libérées par l'ouverture du sporange et germent par temps humide. Ils donneront un gamétophyte ou prothalle.

B\ Le gamétophyte, à N chromosomes.

1\ Son appareil végétatif.

Les spores donnent des filaments de 5 ou 6 cellules portant des rhizoïdes incolores : c'est le prothalle. Quand il se développe, il donne une lame aplatie et cordiforme (en forme de cœur). Cette lame est composée d'une seule assise cellulaire sauf dans le coussinet (la région médiane) portant les rhizoïdes. Le prothalle est chlorophyllien, autotrophe et autonome.

2\ Les anthéridies.

Sur la partie inférieure du prothalle, il y a apparition des nombreuses premières anthéridies. Chaque cellule à pour origine une cellule épidermique. Les anthéridies sont constituées d'une paroi (4 ou 5 cellules) et par un couvercle (2 ou 3 cellules). A l'intérieur, les cellules donnent 32 anthérozoïdes rubanés avec un bouquet de flagelles et des vésicules qui se résorbent, puis ces anthérozoïdes sont libérés par l'ouverture du couvercle.

3\ L'archégone.

Elle apparaît plus tardivement, à partir d'une cellule superficielle. Celle-ci se trouve à la face inférieure du prothalle (à terre, comme le «mâle »). Sous le col, composé de 7 ou 8 cellules, se trouvent l'oosphère et des cellules du canal du col. L'espèce est monoïque et homothallique.

4\ La fécondation.

L'apex de la cellule s'ouvre et les cellules du col se gélifient en donnant un mucilage. Les cellules mâles sont attirées par chimiotachtisme et pénètrent et vont féconder l'oosphère. Ceci donnera un zygote à 2N. C'est une zoïdogamie (ce qui est différent d'un oogamie).

5\ Le retour du sporophyte

Le zygote se transforme en embryon qui développe une racine, une tige et une feuille, plus un pied suçoir qui se fixe (pas longtemps) sur le thalle. Il gagne rapidement son autonomie.

C\ Conclusion.

Le sporophyte devient prépondérant, autonome. Le cycle est haplodiplophasique, digénétique. Il y a zoïdogamie avec un milieu extérieur liquide. L'espèce est isosporée (même taille des spores) et homothallique.

III\ La sous-classe des lycopodinées, avec *Selaginella sp.*

A\ Le sporophyte.

1\ L'appareil végétatif.

C'est une plante feuillée de type herbacé. Ses tiges sont vascularisées, se ramifient de manière dichotomique et portent de petites feuilles (les lancéoles) en disposition spiralée ou opposée. Sur la face supérieure, près de l'insertion de la tige, on a quatre ligules (des petites languettes). Les racines ne sont pas directement fixées sur la tige mais sur des axes rhizophores.

2\ Le sporange.

Il se développe à l'aisselle de feuilles dites fertiles : les sporophylles. Elles sont groupées en épis sporangifères. On sommet des rameaux, on trouve les strobiles.

On trouve deux types de sporanges sur le même pied :

- Les mégasporanges qui donnent quatre tétraspores volumineuses.
- Les microsporanges qui donnent de nombreuses microspores.

Les épis sporangifères portent les mégasporanges à leur base et les microsporanges à leur apex.
Remarque : on les a parfois sur deux rangs verticaux chacun.

Dès les premiers stades, le développement des méga et microsporanges sont identiques. Ils ont : une paroi composée de plusieurs cellules, de cellules nourricières en manchon qui vont donner le tapis et les cellules mères des tétraspores.
Le développement est eusporangié (à partir d'un petit groupe de cellules superficielles).

3\ La réduction chromatique.

Dans les microsporanges, les cellules mères subissent la réduction chromatique et donnent de nombreuses microspores.

Dans les mégasporanges, toutes les cellules mères avortent, sauf une, qui va subir la réduction chromatique et donnera quatre tétraspores volumineuses.

B\ Les prothalles.

1\ Le gamétophyte mâle, ou, le microgamétophyte.

Une fois que les microspores sont libérées des microsporanges, on obtient deux prothalles dont un qui est à l'origine des anthéridies (l'anthéridie, après de multiples divisions, est formée d'une paroi entourant quatre cellules spermatogènes : les gamétogènes). Les cellules spermatogènes donnent plusieurs anthérozoïdes biflagellés, libérés après la rupture de la spore.

2\ Le gamétophyte femelle.

Son développement débute dans le mégasporange. Le noyau se divise plusieurs fois et donne un prothalle coenocytique (un noyau dans une cellule), puis il y a apparition de cellules à l'un des pôles.

Le prothalle adulte est chlorophyllien au niveau de l'ouverture et porte des rhizoïdes. Du côté opposé à l'ouverture, on a une zone riche en amidon. La partie supérieure des archégones réduits est constituée d'un col de 2 ou 3 cellules (de chaque côté). L'oosphère est entourée par des cellules prothalliennes et par deux cellules du canal du col.

L'espèce est dioïque.

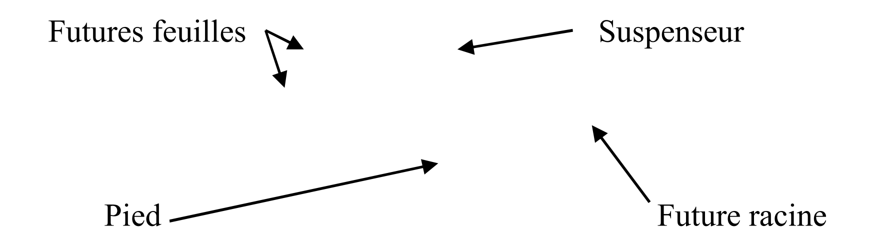
3\ La fécondation.

Les anthérozoïdes libérés, nagent dans l'eau vers les archégones (ils sont attirés par chimiotachtisme). Il y a alors, fécondation d'une ou plusieurs oosphères, qui entraînera le développement d'un zygote. La fécondation est une zoïdogamie en milieu extérieur liquide.

4\ Le développement du nouveau sporophyte à 2N.

L'œuf se divise en deux et donne alors une cellule supérieure (suspenseur) et une cellule inférieure qui, en se divisant, va donner un embryon avec une tige, une racine et un pied, fixant au départ, l'embryon sur le prothalle.





L'embryon et la jeune plantule restent un peu fixés au prothalle puis deviennent autonomes.

On a un cycle avec deux types de spore : c'est une hétérosporie. Ce phénomène entraîne la formation de deux types de gamétophytes, d'où l'hétérothallisme.

Il y a réduction du gamétophyte et de ses organes reproducteurs.

C'est une espèce haplodiplophasique, digénétique dont les spores sont une forme de résistance et de dissémination de l'espèce.

Chapitre 6 :

LES CHAMPIGNONS.

I\ Généralités.

C'est une espèce immobile qui a longtemps été classée chez les végétaux mais qui a des similitudes avec les animaux (mode de vie, paroi cellulaire en chitine).
Maintenant, les champignons ont un règne propre : les Fungi. C'est un vaste ensemble d'organismes eucaryotes (300.000 espèces connues) mais on estime la totalité à 1,5 millions d'espèces.

Ils sont souvent sous forme filamenteuse pluricellulaire. On y trouve tous les modes de nutrition (saprophytes, parasites, symbiontes mutualistes). Il y a beaucoup de variations de structures et de fécondations. Ce sont des organismes hétérotrophes pour le carbone : ils dépendent de molécules préformées, pour croître et se reproduire. Ils sont dépourvus de chlorophylle et ne peuvent donc pas réaliser la photosynthèse. Ils sont capables de dégrader des molécules complexes pour obtenir l'énergie et le carbone nécessaire. Ils ont une importance économique dans : l'agro-alimentaire (alcool, pain, fromage, carpophores), la pharmacologie (les antibiotiques. Ils sont responsables de maladies chez les plantes (mildiou…). Ils peuvent détruire des charpentes en bois (mérules…), sont parfois toxiques et peuvent entraîner des mycoses.

Ils sont un maillon essentiel des écosystèmes (décomposition de la matière organique, recyclage des éléments, constitution de réseaux trophiques). Ils favorisent ou limitent la dispersion de leur hôte quand ils sont parasites. On les trouve en milieux aquatiques, mais surtout terrestres.

II\ L'appareil végétatif : Cycle de vie.

En germant, les spores forment des hyphes (tubes de petit diamètre, entre 5 et 10 µm) qui se ramifient et donnent un réseau complexe de filaments : le mycélium. C'est un organisme modulaire dont l'unité de base est l'hyphe. La construction du mycélium se fait par répétition de cet hyphe. Les filaments sont cloisonnés ou non. Quand les filaments sont cloisonnés, ils donnent un mycélium siphonné (coenocytique). Il y a formation d'une cloison entre le gamétophyte (ou le sporocyste) et le reste du thalle. Quand les filaments ne sont pas cloisonnés, il y a des parois entre cellules (ou articles (avec plusieurs noyaux)). Ce sont ces formations qui donnent la rigidité du thalle mais le flux cytoplasmique est toujours possible.

Parfois, on a des regroupements de filaments qui forment des amas (c'est le blanc des champignons) ou des tissus blancs (les plectenchymes). Les thalles sont parfois très ramifiés. Parfois, les champignons alternent leurs formes : filamenteuse puis unicellulaire et inversement. Parfois, les thalles constituent un plasmode (masse de cytoplasme multinucléée), sans paroi squelettique (exemple : la hernie du chou avec *Plasmodiophora brassicae*).

III\ Variétés des modalités de reproduction.

Les champignons sont capables d'assurer leur dispersion vers de nouveaux habitats et de s'y installer tout en étant plus ou moins en contact avec le substrat d'origine, car ceux-ci sont non-mobiles. Ils se dispersent vers de nouveaux habitats grâce à une extrême diversité de modalités de reproduction et un grand pouvoir de dissémination et de multiplication.

Les spores sont de très petite taille. Leur transport est passif et a lieu sur de grandes distances grâce au vent et à l'eau. Leur dispersion est aussi possible grâce aux insectes par la production de spores enveloppées de sécrétions sucrées ou odoriférantes (exemple avec *Phallus impudicus*).

A\ La reproduction végétative (multiplication asexuée).

C'est la production de nouveaux individus, identiques à l'organisme qui les a produit. La genèse des spores se fait selon différents mécanismes :

- Fragmentation de l'hyphe : formation d'arthrospores.
- Formations de bourgeonnements en chaînes : ce sont les blastospores.
- A l'intérieur de sporocystes
- Par des cellules spécialisées : les philiades.

La formation de spores exogènes (conodies), est caractéristique des ascomycètes, basidiomycètes et deutéromycètes.

B\ La reproduction sexuée.

Elle implique la fusion de cellules haploïdes produites par des organismes d'une même espèce mais de caractères génétiques différents. L'œuf (ou zygote) possède un double jeu de chromosomes : il est diploïde.

Il y a un double brassage génétique : les cellules qui fusionnent ont une composition génétique différente. Au cours de la réduction chromatique, il peut y avoir échange d'ADN entre les chromosomes homologues ➔ ces nouvelles entités sont différentes des types parentaux et sont donc génétiquement uniques.

La fécondation se déroule selon diverses modalités, elles sont différentes d'un groupe à l'autre et entre deux espèces. S'il y a fusion entre gamètes mâles et femelles bien différenciés : c'est la gamétogamie. S'il y a fusion de gamétocystes (sans gamètes) : c'est une cystogamie. Chez certains champignons, il y a fécondation entre deux cellules sans différenciation particulières : c'est la somatogamie.

IV\ Embranchement des champignons : classification.

La classification est basée sur la composition des parois, sur la structure des filaments et des organes reproducteurs. Les groupes sont hétérogènes, les ancêtres sont différents mails pas le mode de vie.

A\ Les Myxomycètes (500.000 espèces).

Ils sont beaucoup plus proches des protozoaires que des autres champignons. Leur mode de vie et leur organisation sont plus plutôt protozoaires et leurs modalités de reproduction sont proches de celles des autres champignons.

1\ L'appareil végétatif.

C'est un plasmode : une masse de cytoplasme unique et visqueux pourvu de nombreux noyaux et sans paroi squelettique. Leur mobilité est de type amiboïde. Ils font quelques centimètres d'épaisseur.

Leur organisation est coenocytique.

2\ L'appareil reproducteur.

Sa mise en place s'accompagne de la mise en place de cloisons.

B\ Les oomycètes.

Ce sont des cellules mobiles avec deux flagelles, à paroi cellulosique. Les filaments siphonnés sont coenocytiques. Leur habitat est aquatique, mais un groupe, les péronosporales, s'est adapté à la vie terrestre en devenant parasites de plantes.

1\ Cycle de *Plasmopara viticola*.

C'est un parasite de la vigne qui se trouve sur les feuilles et les grappes. Dans les tissus de la vigne, ils développent un mycélium diploïde qui envoie des suçoirs dans les cellules hôtes. Ce parasitage rend les feuilles jaunâtres.

a\ La multiplication asexuée.

Quand le temps est humide, le mycélium de la face inférieure de la feuille fait sortir des filaments par les stomates. A l'extérieur, les ramifications sont perpendiculaires aux filaments : ce sont les stérigmates. A l'extérieur, ces derniers se développent en sporocystes. Il y a séparation des filaments par un cloisonnement, ce qui fait tomber les sporocystes et leur permet d'être disséminés. Ils se déposent sur les organes verts de la vigne. S'ils tombent dans l'eau, ils donnent des zoospores qui vont donner des filaments à 2N qui se répandent grâce à plusieurs multiplications en une saison.

b\ La reproduction sexuée.

A la fin du cycle de végétation, dans les tissus hôtes, apparaissent les organes sexués (gamétocystes) où s'effectue la méiose. Dans les gamétocystes mâles, il n'y a pas d'individualisation. Dans les gamétocystes femelles, l'oocyste se scinde en deux zones : le périplasme (la zone externe) et l'ooplasme (la zone interne).

Le gamétocyste mâle va s'accoler au gamétocyste femelle : formation d'un tube copulateur qui est utilisé par un noyau mâle pour aller dans l'oocyste. Il y a cystogamie avec siphonogamie.

Quand l'ooplasme est fécondé, il y a apparition du zygote avec une paroi épaisse qui assure la conservation de l'espèce pendant l'hiver. Au printemps, les zygotes germent en émettant des filaments, au bout desquels on trouve les sporocystes qui libèrent leurs spores biflagellées à 2N. Ce sont ces spores qui sont à l'origine de la nouvelle contamination.

Le cycle est diplophasique. L'espèce est monoïque. La fécondation est une cystogamie avec siphonogamie. La multiplication asexuée se fait par des spores à 2N.

2\ Le polyplanétisme avec *Achlya ambisexualis*.

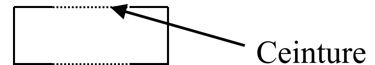
Cette espèce est dioïque avec des thalles diploïdes. La multiplication asexuée se réalise avec des filaments dont l'extrémité se renfle pour donner les sporocystes qui vont se séparer du reste du mycélium par une cloison. Ils vont donner des zoospores biflagellées qui s'enkystent immédiatement. Ces spores vont redonner des zoospores flagellées (flagelles latéraux antérieures). Plusieurs enkystement sont possibles : c'est le polyplanétisme.

C\ Les chytridiomycètes.

Ces champignons représentent à peu près 1000 espèces. Leur caractéristique distinctive est que leurs cellules sont monoflagellées pendant une courte durée du cycle.

Le thalle : il est non-cloisonné (coenocytique). Souvent, la caryogamie succède à la plasmogamie. Ils sont considérés comme de vrais mycètes car leurs parois contiennent de la chitine et des sucres de réserves (le glycogène). C'est le groupe qui a du donner naissance aux groupes plus évolués. L'habitat est souvent aquatique.

Les zoospores se fixent souvent sur des diatomées par leur «ceinture » et se transforment en une cellule qui donnera un sporocyste.



Par moments, les zoospores donnent des gamètes mâles et femelles qui se fixent sur les diatomées en donnant des gamétocystes mâles et femelles. Les gamètes mâles passent dans les gamètes femelles par cystogamie avec siphonogamie. Le zygote formé est à 2N et après avoir subit la méiose, il donne des zoospores à N qui se fixent à leur tour sur la diatomée

D\ Les zygomycètes, avec le cas de *Mucor mucedo*.

Dans cette espèce, il y a absence de cellules mobiles. Le thalle est siphonné et coenocytique, et présente une zygospore à 2N à paroi très résistante (conservation). Cette zygospore résulte de la fusion de deux gamétocystes compatibles sexuellement : c'est une fécondation par cystogamie.

La multiplication végétative est réalisée par les spores produites à l'intérieur de sporocystes pédicellés. Parfois, la multiplication végétative se réalise par fragmentation du thalle.

L'habitat de Mucor mucedo est terrestre. C'est la moisissure du pain.

1\ La multiplication asexuée.

Sur le mycélium, se dressent des filaments au bout desquels se trouve une petite boule noire : ces boules sont les sporocystes qui sont supportés par un sporocystophore qui se prolonge dans le sporocyste par une columelle. Le contenu du sporocyste se fragmente en un grand nombre de spores (sans flagelle) qui germent en redonnant un mycélium haploïde.

2\ La reproduction sexuée.

Les gamétocystes se forment à partir d'un mycélium haploïde. Ils s'individualisent à l'extrémité de ramifications qui se renflent. Ils se séparent du filament porteur (ou suspenseur) par un cloisonnement. Les gamétocystes sont attirés l'un par l'autre et fusionnent en donnant un zygote. Il faut toutefois que ces gamétocystes soient compatibles (hétérothallisme). L'œuf s'entoure d'une membrane épaisse et est formé de plusieurs noyaux. Dans un premier temps, les noyaux se multiplient puis fusionnent (+ par -). Ceux qui ne fusionnent pas dégénèrent. Ici, tous les diploïdes dégénèrent sauf un qui subit la méiose et donne quatre cellules haploïdes (deux + et deux -) dont seulement deux survivent et redonneront un nouveau thalle.

Le cycle est haplophasique, hétérothallique. La fécondation est une cystogamie et la multiplication asexuée se fait par spores non flagellées.

E\ Les ascomycètes.

C'est le groupe le plus important des champignons, si on compte les lichens et les formes classées chez les deutéromycètes : 30.000 espèces. C'est aussi le groupe le plus diversifié et il présente de grandes variétés d'appareils reproducteurs, de modes de vie et de dissémination. Ils sont d'une grande importance économique. Ce sont : les parasites de cultures (pourritures grises des fruits et légumes : l'oidium) ; la maladie hollandaise de l'orme ; de bons mycètes.

Il y a la présence d'un asque : c'est un méiosporocyste dans lequel à lieu la méiose. Le mycélium filamenteux est haploïde, très ramifié et cloisonné. Il y a complexification des formes morphologiques avec souvent, la formation de faux tissus ou de plectenchymes.

La fécondation est une caryogamie différée. Ce sont de vrais champignons. Leur multiplication végétative est très répandue.

Cas de *Neurospora crassa*.

C'est un saprophyte d'excréments. Il est utilisé comme modèle dans de nombreuses recherches scientifiques.

1\ La multiplication asexuée.

L'extrémité de certains filaments donne des spores ellipsoïdales qui contiennent plusieurs noyaux. Ces exospores (ou conidies) sont dispersées par les insectes, le vent et ils germent en donnant un nouveau thalle haploïde.

2\ La reproduction sexuée.

La fécondation présente une convergence morphologique comme chez les algues rouges. Sur le mycélium, se dresse un filament particulier (le filament ascogonial) qui est constitué de grosses cellules plurinucléées (ou articles). A la base de ce filament, se développe un autre filament qui donne le proascocarpe. Le filament ascogonial est surmonté du trichogyme. L'organe femelle est l'association de l'ascogone et du trichogyme (le trichogyme joue le rôle de capteur de gamètes mâles). Les gamètes mâles ne naissent pas de sporocystes, mais elles sont bourgeonnées latéralement par les articles de certains filaments. Les spermaties n'ont pas

de flagelles et ont un noyau volumineux. Elles sont emmenées passivement vers le trichogyme. Quand il y a contact, le noyau migre vers le trichogyme jusqu'à l'ascogone qu'il féconde. Plusieurs spermaties peuvent fusionner avec le trichogyme mais une seule va féconder l'ascogone.

3\ Le développement du zygote.

L'ascogone fécondée est diploïde Le développement se fait sur place et engendre des filaments présentant la particularité d'être divisés en cellules comptant deux noyaux chacune. Ces sont des cellules à dicaryons.

On observe le phénomène du crochet : l'extrémité d'un dicaryon bourgeonne latéralement. Les deux noyaux subissent une division et un noyau fils passe dans le bourgeon alors que l'autre reste dans la première cellule. Le bourgeon latéral se sépare de la cellule terminale par une cloison. On obtient trois cellules : une cellule à deux noyaux différents et deux cellules à un noyau. : c'est une dangeardie. Le bourgeon se recolle à la cellule initiale et y fait passer son noyau (deux cellules à deux noyaux distincts).

4\ La formation de l'asque.

La cellule de l'asque est le siège d'une méiose. Les filaments dicaryontiques se terminent par une cellule où les deux noyaux fusionnent en un noyau diploïde. C'est la cellule ascogène qui va s'allonger alors que le noyau (à 2N) subit la méiose. A la fin, on a huit noyaux haploïdes (quatre + et quatre-) autour desquels s'individualise une ascospore. Un asque est l'association d'une membrane et de huit noyaux haploïdes. Ces ascospores vont donner un nouveau mycélium haploïde.

5\ La formation de l'ascocarpe.

Les filaments qui entourent l'ascogone (le proascocarpe) se développent et constituent la paroi d'un conceptacle ouvert à la partie supérieure par un ostiole. C'est la formation de l'ascocarpe. Un ascocarpe a une morphologie variable : globuleux, ouvert par un pore ou non (c'est alors un périthèce) ou en forme de coupe (apothécie). Les ascocarpes peuvent être constitués par une masse de tissus avec des veines. Dans le cas des levures, on n'a pas d'ascocarpe.

Ici, le cycle est haplodiplophasique. La fécondation est une trichogamie. La multiplication se fait par les conidies.

F\ Les basidiomycètes.

Ce sont les plus connus. Ils forment de gros carpophores très visibles. Ils ont des conséquences économiques : ils sont parasites de cultures et d'arbres (rouilles, charbons), ils peuvent aussi être saprophytes (destructeurs de charpentes).

Ces champignons possèdent des basidies (l'équivalent d'un méiosporocyste) où se réalise la méiose. Le mycélium filamenteux est très ramifié et cloisonné. On a souvent des formations de faux tissus (pectenchymes). Il y a complexification des formes morphologiques. La fécondation se réalise par une caryogamie différée. Le mycélium secondaire (N+N) constitue la phase dominante du cycle. La fécondation est une somatogamie (thallogamie). Ce sont aussi de vrais mycètes. Il existe deux groupes : les hétéro et les homobasidiomycètes.

Les homobasidiomycètes peuvent être : saprophytes (champignons de Paris) ; symbiotiques (cèpe, amanite de César) ; parasites (les polypores comme la Langue de bœuf).

1\ Cycle de Coprin chevelu ou *Coprinus comatus*, un homobasidiomycète.

On le trouve dans les jardins, les cultures, les bords de chemin (dans les endroits engraissés). On le trouve à la fin de l'été et pendant l'automne.

Le carpophore est la partie visible qui montre qu'il y a dessous, un mycélium.

a\ Développement et cycle.

Le stade haploïde se trouve dans le gamétophyte, à partir de basidiospores qui vont donner des filaments mycéliens à cellules uninucléées. C'est le filament primaire (+ ou -). Ils peuvent donner naissance à des spores extérieures qui peuvent disperser l'espèce au stade haploïde.

b\ La fécondation (somatogamie)

Entre deux filaments I + et I-, se produit une anastomose qui donne un mycélium II à dicaryon (noyaux + et -). Le noyau se divise par le phénomène du crochet.
Les filaments secondaires s'agrègent pour constituer un cordon sur lequel se différencient des boules blanches (ébauches de fructification ou carpophore). Sur les carpophores sont portées les basidies. A l'extérieur, on a la membrane blanche (le voile universel), à l'intérieur duquel se constituent les différentes parties. Dans ce voile, on a, le jeune pied, le chapeau dont les bords sont repliés et viennent s'unir au pied par le voile partiel. Pendant le développement du carpophore, le pied s'allonge et le voile universel se casse et ne persiste sur le chapeau que sous forme d'écailles. Le diamètre du chapeau augmente et le voile partiel se rompt en formant un anneau autour du pied.

Au niveau des lamelles, se différencient les basidies. En coupe, les lamelles sont constituées au centre par des éléments parallèles entre eux et recouverts de filaments emmêlés très denses (le sous-hyménium) recouverts par l'hyménium. On a des basidies perpendiculaires à la surface des stériles.

c\ La formation des basidies.

Les basidies se différencient à partir de cellules terminales du filament du sous-hyménium. Dans cette cellule pro-basidie à lieu la caryogamie (union des deux noyaux). La cellule croit et donne la baside où à lieu la méiose, ce qui entraîne la formation de quatre basidiospores (2+ et2-) qui sont bourgeonnées à l'extérieur de la basidie (par de petits pédicelles, les stérigmates) et germent en donnant un mycélium primaire (+ ou -).

Le cycle est haplophasique, digénétique. Il y a hétérothallisme. La fécondation est une somatogamie. La multiplication asexuée se fait par les conidies.

2\ Les hétérobasidiomycètes, cas de *Puccina graminis*.

Ce sont des parasites des végétaux supérieurs dont la basidie est cloisonnée. Exemple : la rouille du blé : *Puccina graminis*. Puccina a deux hôtes différents : l'épine vinette (Berberis vulgaris) et le blé.

a\ Le stade haploïde et la Berberis.

Le stade haploïde est le gamétophyte. Le développement de ce mycète sous forme haploïde se réalise quand il est sur une feuille de Berberis. Il germe et donne un filament (à cellule à un noyau) et envoie des suçoirs dans les cellules foliaires de l'hôte. Ce parasitage entraîne une production de taches jaunes /oranges sur les feuilles. Les taches sur la face supérieure sont des pycnides ou spermogonies et sur la face inférieure se sont des écidies.

Les pycnides : sont organisés en forme de bouteille logées dans des cavités de la feuille ouverte vers l'extérieur. On observe deux sortes de filaments : les premiers se fragmentent en chapelets de cellules uninucléées (pycnidiospores). Leur dissémination est assurée par les insectes, ils ne germent pas (ils sont comme des gamètes mâles). Par l'ouverture du pycnide sort un filament sexuel en relation avec le mycélium haploïde : ce sont les hyphes récepteurs. La fécondation se fait par ces hyphes (ils ont le rôle de trichogyme).

A la face inférieure de Berberis, on a des enchevêtrements d'hyphes qui constituent des nodules (proécidies non fécondées), limitées par la paroi mycélienne (tissu nourricier et tissu fécondable).

Quand les spermogonies sont mûres, elles excrètent une goutte de nectar où se trouvent les spermaties transportées par les insectes vers d'autres feuilles. L'espèce est hétérothallique. Si la spermatie rentre en contact avec l'hyphe récepteur d'un mycélium de signe opposé, le noyau pénètre l'hyphe et passe d'une cellule à l'autre jusqu'au tissu fertile de l'écidie dont les cellules deviennent dicaryontiques. Dans un premier temps, les noyaux + et – ne fusionnent pas. Ce sporophyte se développe au dépend du tissu nourricier. Le développement donne naissance à un organe en forme de cupule : l'écidie mature. Sa taille augmente et casse l'épiderme de la face inférieure de la feuille. Un filament donne naissance à l'écidiospore à 2 noyaux, paroi épaisse avec une cellule disjonctrice. Les écidiospores ne germent que si elles rencontrent du blé. Là, il y aura formation d'un mycélium dicaryontique, entre les cellules du blé.

b\ Le stade diploïde et le blé.

Dans la feuille de blé, le mycélium donne des fructifications allongées sous-épidermiques : les urédosores. Sur les urédosores se différencient les urédospores binucléées,

qui se trouvent à l'extrémité d'un long pédicelle. Elles font éclater l'épiderme, donnant à la feuille une couleur rouille. Les urédospores peuvent germer sur le blé, ce qui propage la maladie, avec formations de filaments à dicaryon

La multiplication végétative. Elle se réalise grâce à des téleutospores. Le mycélium dicaryontique constitue un autre type de fructifications de couleur noire (c'est un groupement sous forme de téleutosores, ensemble de pédicelles à l'extrémité desquels se trouvent les téleutospores). Ils sont dicaryontiques, tombent sur le sol où elles passent l'hiver. Pendant cette période, les noyaux fusionnent.

Au printemps, chaque cellule de la téleutospore émet un filament, le promycélium, où s'engage le noyau diploïde qui subie la méiose et donnent deux noyaux + et deux -. Ces quatre noyaux s'isolent par une cloison et donnent des basidies cloisonnées (les hétérobasidies). Chaque cellule émet un prolongement latéral (les stérigmates) qui bourgeonne une basidiospore où passe un noyau, puis celle-ci est libérée.

Cette basidiospore infectera ensuite la Berberis.

Le cycle est trigénétique, le gamétophyte est hétérothallique, saprophyte à dicaryon avec deux éléments. Le mycélium forme les écidies. Le mycélium à urédospores et téleutospores est indépendant du gamétophyte. La fécondation est par hyphe réceptrice. La multiplication végétative se fait par urédospores.

Chapitre 7 :

Les phanérogames ou spermaphytes :

LES GYMNOSPERMES.

Ce sont des végétaux vasculaires dont la fécondation est indépendante du milieu extérieur et dont les éléments reproducteurs (gamétophytes) sont les grains de pollen chez les mâles et les ovules chez les femelles.

On a deux sous-ensembles majeurs : les gymnospermes dont les ovules et les graines sont nus, et les angiospermes chez qui la graine est dans un fruit.

Ils apparaissent au Dévonien. Leur épanouissement à lieu à la fin de l'ère primaire et pendant l'ère secondaire. Maintenant, ce groupe est en déclin. Les plus nombreux sont les coniférales. Ce sont surtout des arbres et arbustes à feuilles persistantes.

Leur anatomie :

- trachéïdes à ponctuations aréolées.
- le bois secondaire est homoxylé.
- ils possèdent de nombreux canaux à résine (d'où le terme de résineux).

On trouve trois classes : les Cycadophytes, les Coniférophytes, les Gnétophytes. On a toutefois un autre type de classification avec quatre subdivisions : les Cycophyta, les Ginkgophyta, les Coniférophyta, les Gnétophyta.

I\ Le *Ginkgo biloba* de la division des Ginkgophyta.

C'est un arbre asiatique qui a été introduit en France au 18éme siècle.

A\ Le sporophyte à 2N

1\ L'appareil végétatif.

C'est une espèce dioïque (mâle **ou** femelle). Ses feuilles sont caduques avec deux sortes de rameaux. On a les pousses longues, à entre-nœuds allongés et à croissance indéfinie : ce sont les auxiblastes. On a ensuite les pousses courtes, qui sont sexuées et à croissance définie : ce sont les mésoblastes.

2\ L'appareil reproducteur mâle (à fleurs mâles).

Les fleurs sont constituées par des bouquets d'étamines situés à l'aisselle des feuilles. Les étamines sont formées par un filet portant deux sacs polliniques. A maturité, il y a ouverture du sac par la fente longitudinale : c'est la libération du pollen.

Les sacs polliniques proviennent de la différenciation d'un massif d'archéspores (à 2N) se divisant et donnant une assise nourricière (le tapis) et les cellules mères des microspores à 2N.

3\ L'appareil reproducteur femelle (à fleurs femelles).

Ces fleurs sont situées à l'extrémité des rameaux courts. Elles sont sur un axe (le pédicelle), qui porte deux ovules, dont une qui avortera en formant une cupule. Les ovules (ou, masses cellulaires, ou nucelle) sont entourés par un tégument interrompu, au sommet, par le micropyle.

B\ Les gamétophytes.

1\ Le gamétophyte mâle.

Il est dans le sac pollinique. Les archéspores à 2N subissent la réduction chromatique pour donner des microspores qui vont évoluer en grains de pollen. Un grain de pollen est composé de deux cellules prothalliennes protégées par l'exine, d'une cellule gamétogène, d'une grande cellule végétative protégée par l'intine. La partie végétative du grain de pollen est constituée par une cellule prothallienne et par les deux autres cellules non prothalliennes.

2\ Le gamétophyte femelle.

Dans le nucelle, l'archéspore donne une cellule mère qui subit la réduction chromatique et qui donne 4 mégaspores (seule la plus interne va se développer en donnant le gamétophyte femelle : l'endosperme). Cet endosperme va subir de nombreuses divisions et va être formé de deux parties : par un endosperme coenocytique (avec beaucoup de noyaux) et par un endosperme définitif qui est un ensemble de cellules où s'accumulent des réserves (amidon et lipides). Au sommet de l'endosperme, deux archégones se différencient.

C\ Pollinisation et germination.

Le pollen est disséminé par le vent au printemps alors que les ovules ne sont pas encore mûres. Il y a alors une sécrétion de liquide mucilagineux par le micropyle qui permet la fixation des grains de pollen. Il y résorption de l'ensemble, liquide plus pollen, vers la chambre pollinique qui se referme. Le grain de pollen va germer pour donner un microprothalle, en se fixant dans le nucelle. La cellule gamétogène se divise et donne une cellule du pied (ou cellule du tube) et une cellule du corps (reproductrice). Cette cellule reproductrice donne deux anthérozoïdes (ou spermatozoïdes flagellés).

D\ Fécondation et formation de l'œuf et du sporophyte.

Libérés du grain de pollen, les spermatozoïdes nagent dans le liquide du nucelle et l'un d'eux va féconder l'oosphère (c'est une zoïdogamie à milieu interne à l'organisme liquide). Cette fécondation est suivie de la formation de zygote (ou œuf). Le noyau du zygote se divise immédiatement et donne un pré-embryon qui se différencie en deux zones. Une zone supérieure qui est un suspenseur (c'est aussi le col de l'archégone), et une zone inférieure méristématique : l'embryon qui, complètement différencié, est formé d'une radicule, d'une tigelle, d'une gémule et de deux cotylédons.

E\ Le développement de l'ovule fécondé.

A maturité, l'ovule donne une pré-graine dont le tégument se divise en trois couches. Le nucelle persiste en une mince couche. L'endosperme occupe toute la partie centrale. Les réserves sont dans l'endosperme avant la fécondation. Les ovules peuvent tomber avant d'être fécondés. Il n'y a pas de vie ralentie avant la germination.

Chez le Ginkgo, on assiste à la première apparition d'un ovule (mégasporange) nu. Le gamétophyte n'a pas de vie autonome : le gamétophyte mâle est parasite du sporophyte et le gamétophyte femelle est réduit.

La fécondation est une zoïdogamie avec le liquide fourni par l'ovule. Le cycle est haplodiplophasique, il est surtout diplophasique car c'est la seule forme de vie autonome.

II\ Le pin coniferophyta.

Ce sont des arbres de grande taille dont les feuilles sont groupées par deux en aiguilles. L'espèce est monoïque. L'appareil végétatif constitue le sporophyte. Cette espèce entraîne une acidification du sol qui devient alors moins fertile.

A\ Les appareils reproducteurs (sur le sporophyte).

1\ L'appareil mâle.

Il est constitué de cônes groupés en épis à la base de jeunes pousses. Les cônes sont des associations, autour d'un axe de feuilles modifiées (ou écailles), qui forment les étamines. Le sporange (le sac pollinique) est situé à la face inférieure des écailles. Le pollen est libéré par une ouverture longitudinale. Chaque grain est limité par une paroi riche en sporopollénine, dilatée latéralement en bâtonnets, ce qui favorise la dissémination par éochorie. Une microspore haploïde donne un grain de pollen. Le gamétophyte mâle se développe dans le sac pollinique, puis, à maturité, le grain est constitué de deux cellules prothalliennes, d'une cellule reproductrice et d'une cellule végétative. Le grain est disséminé pendant sa phase de vie ralentie.

2\ L'appareil femelle.

Des cônes se développent au sommet des jeunes pousses et sont une association d'écailles à l'aisselle des bractées. Au printemps de la première année, deux ovules sont à la face supérieure de chaque écaille. Les ovules ne sont pas protégés par une formation sporophytique, ce qui les laisse nus. Le nucelle est entouré d'un tégument laissant une ouverture apicale (le micropyle).

Quand l'archéspore augmente de taille, elle subit la méiose qui donne quatre mégaspores dont seule, la plus profonde, persiste. Le noyau se divise plusieurs fois et donne le gamétophyte femelle. L'endosperme coenocytique arrête vite de se développer.

B\ La pollinisation.

Elle est assurée par le vent. Les grains de pollen sont captés par le mucilage et arrivent au contact du nucelle. Ils germent alors en produisant un tube pollinique dans lequel s'engage le noyau de la cellule végétative. Puis la cellule reproductrice se divise en deux cellules dont une cellule spermatogène (anthéridie). Le développement s'interrompt alors jusqu'au printemps suivant.

C\ La fécondation.

Le développement du gamétophyte femelle reprend car il y a formation de cellule dans l'endosperme. Quand celle-ci a terminé, il y a individualisation de 2 ou 3 archégones. Les archéspores donnent une oosphère volumineuse à col réduit.

Le pollen à une reprise de métabolisme plus tardive (seulement quelques jours avant la fécondation). L'anthéridie se divise en deux gamètes mâles non limités par une paroi.

Quand le tube pollinique, dans le col de l'archégone, déverse son contenu dans l'oosphère, on a une cellule mâle qui dégénère et une qui s'unit à l'oosphère pour former un zygote à 2N. Le gamète mâle n'a jamais été mobile : c'est une fécondation par siphonogamie.

D\ Le zygote.

Après s'être divisé deux fois, le zygote donne un embryon coenocytique à quatre noyaux dans la partie basale (à l'opposé du col de l'archégone).

Les cellules les plus basales sont les cellules embryonnaires. Elles sont surmontées par la cellule du suspenseur qui s'allonge de manière importante. Cette croissance donne une séparation de quatre cellules embryonnaires qui donnent quatre embryons dont trois qui dégénèrent. L'embryon qui reste s'organise en une jeune plantule.

E\ La graine.

Pendant le développement de l'embryon, les cellules de l'endosperme et des jeunes feuilles de la plantule (cotylédons) se chargent de réserves ; le tégument s'épaissit, se lignifie ; l'endosperme et la plantule se déshydratent et sont accompagnés d'une réduction des activités métaboliques. C'est le passage à la vie ralentie. L'ovule est transformé en une graine pourvue d'une aile. Après une période de vie ralentie, quand les conditions sont favorables, la graine germe et donne une nouvelle plante feuillée.

Le cycle est caractérisé par l'alternance d'une génération sporophytique dominante et d'une génération gamétophytique réduite. Cette dernière se développe au sein du sporophyte, en parasite de celui-ci. Les différences essentielles avec le Ginkgo portent sur la fécondation (ici on à siphonogamie) et sur la graine qui, ici, est une véritable graine capable de vivre à l'état de vie ralentie.

Chapitre 8 :
LES ANGIOSPERMES.

I\ Généralités.

C'est un sous-embranchement des spermaphytes qui est divisé en deux sous-classes : les monocotylédones et les dicotylédones. Ces angiospermes sont caractérisés par la présence de l'ovule dans un ovaire et de la graine dans un fruit. Les organes reproducteurs (à l'origine des gamètes) sont placés dans une structure particulière : la fleur.

II\ Cas d'un dicotylédone avec *Ranunculus acris*.

A\ L'appareil reproducteur mâle (les étamines)

Les étamines sont constituées d'un filet (pédicelle rattaché au réceptacle floral) et d'une anthère où se différencie le pollen. Chaque anthère est constituée de deux loges, symétriques par rapport au filet, qui comportent chacune deux sacs polliniques. Dans une étamine jeune, chaque étamine jeune comprend une masse centrale de grosses cellules à noyaux volumineux : ce sont les archéspores. Elles sont entourées de plusieurs assises de cellules : par les cellules nourricières qui forment le tapis, par plusieurs assises transitoires, par une assise mécanique dont les cellules lignifiées interviennent dans l'ouverture de l'anthère et par un épiderme.

Les archéspores subissent la réduction chromatique et donnent, chacun, quatre microspores (à N chromosomes).

Remarque : chez les monocotylédones, il y a cloisonnement après chaque division cellulaire, alors que chez les dicotylédones, il y a cloisonnement toutes les deux divisions.

Les microspores se divisent une nouvelle fois et s'entourent d'une paroi épaisse, ornementée, et constituée de deux couches (l'exine et l'intine). L'exine est percée de pores germinatifs. A maturité, chaque grain de pollen contient une cellule végétative à gros noyau et une cellule reproductrice à petit noyau. Le grain de pollen est le gamétophyte mâle qui va se disséminer. Ce grain a commencé son développement dans l'anthère, avant de se charger en matériaux de réserve et de subir la déshydratation qui le fait passer à l'état de vie ralentie (parfois, on a seulement des loges polliniques). L'ouverture des anthères se fait grâce à la dessiccation. La longévité d'un grain de pollen est variable (graminées : un jour ; rosacées : 100 jours).

B\ L'appareil reproducteur femelle.

Il est constitué par :

- Les carpelles qui sont, chacun, formés par une partie renflée et creuse qui contient un ovule.
- Un style court, terminé par un stigmate formé de papilles.

- L'ovule est constitué par une partie tégumentaire formée de deux membranes. Ces deux membranes sont interrompues par une minuscule pore : Le micropyle. L'ovule est inséré sur la partie renflée de l'ovaire, sur le placenta. Cet ovule est relié au funicule.

Chez la renoncule, l'ovule est anatrope : le micropyle est en bas, proche du placenta. Le plan de raccordement du funicule et de l'ovule s'appelle le hile. (anatrope = complètement renversé).

Dans le funicule, pénètre un faisceau de tissus conducteurs qui se ramifient au niveau de la chalaze. A l'intérieur de l'ovule se trouve le nucelle.

Remarque : on a différents types d'ovules : droits (ou orthotropes), les axes du funicule et du nucelle sont confondus ; courbes (ou campylotropes), les axes du funicule et du nucelle sont perpendiculaires.

C\ La réduction chromatique.

Le sac embryonnaire, dans le nucelle, représente le prothalle femelle. A l'origine, c'est une cellule épidermique qui s'est divisée en une cellule pariétale (qui avorte) et en une cellule sporogène. C'est cette dernière qui va subir la réduction chromatique en donnant quatre tétraspores dont trois qui vont dégénérer. La spore la plus interne va subsister et va constituer le sac embryonnaire.

D\ Le gamétophyte femelle.

Après les divisions du mégaspore, les noyaux se répartissent en trois complexes :

- Le pôle microplylaire : l'oosphère est associée à deux synergides.
- Le pôle de la chalaze : c'est un groupe de trois cellules, les antipodes
- La zone centrale qui contient deux noyaux «polaires ».

E\ Pollinisation et germination.

Pour la renoncule, la pollinisation se fait par les insectes et par le vent. Le grain de pollen va se déposer sur le stigmate, va germer en produisant un long tube pollinique qui s'enfonce dans le nucelle jusqu'à l'ovule. Le noyau reproducteur du pollen se divise en deux spermatozoïdes.

Le tube peut pénétrer par le micropyle : c'est une porogamie.

Il peut rentrer par la chalaze : c'est une chalazogamie.

La durée de croissance du tube va de quelques heures à quelques mois.

1\ La fécondation.

Le contenu du tube se décharge dans le sac embryonnaire. L'un des spermatozoïdes s'unit avec l'oosphère et donne le zygote principal (à 2N). L'autre spermatozoïde s'associe aux noyaux polaires et va former un zygote accessoire (à 3N). C'est la double fécondation des angiospermes.

2\ La graine.

Le zygote principal donne une plantule avec deux feuilles embryonnaires (les cotylédons). Le zygote triploïde va donner l'albumen. Au cours du développement de la plantule, les réserves s'accumulent dans l'albumen et dans les cotylédons. Les téguments se lignifient (durcissement). Passage à l'état de vie ralentie, puis, dispersion.

On a différents types de téguments :

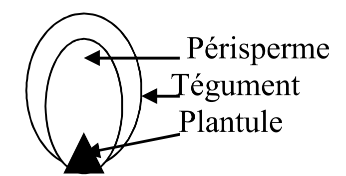
- La caroncule, qui est un bourgeonnement au niveau du micropyle du ricin.
- L'arille, qui est un bourgeonnement au niveau du hile.
- L'arillade qui est un revêtement recouvrant la graine.

3\ Les différents types de graines.

Selon l'évolution du nucelle, on obtient :

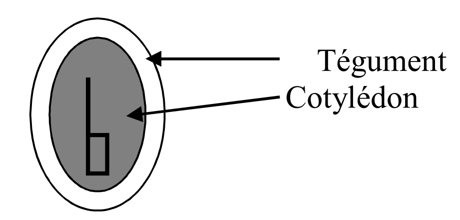
- Des graines à périsperme : La digestion du nucelle est incomplète et donne

une partie restante qui s'enrichit en réserves



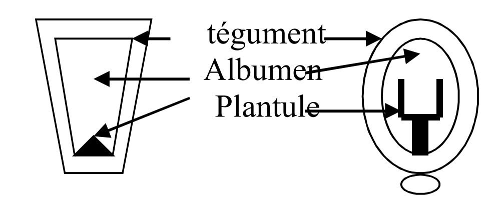
- Des graines exalbuminées :

Pas de développement d'albumen, la Graine est sans réserve (crucifères, Orchidées)



- des graines albuminées :

L'embryon est petit et les Cotylédons sont foliacés



4\ La germination.

Elle a lieu quand la graine est dans un bon état physiologique et quand les conditions du milieu sont favorables. Un bon état physiologique est caractérisé par un grand pouvoir germinatif qui dépend de l'état de maturité des graines (certaines germent immédiatement mais pendant un temps très court, d'autres ont une germination différée : elles ne peuvent germer qu'après une «dormance » ayant plusieurs origines : les téguments de l'embryon sont immatures, des inhibiteurs de levée de dormance sont présents et doivent être éliminés par des conditions favorables du milieu : réhydratation).

Cette germination a lieu quand des conditions favorables comme la concentration en oxygène, la température, la quantité de lumière, ou, des facteurs biologiques sont réunis. Il y a alors croissance de la radicule et émission d'un bourgeon (la gemmule) qui donnera les premières feuilles. Il y a parfois une tigelle entre la radicule et la gemmule.

On a deux types de germination :

- La germination épigée (exemple, le haricot). La graine est soulevée hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle qui donne l'axe hypocotyl qui soulève les deux cotylédons hors du sol. La gemmule se développe (après la radicule) et donne une tige feuillée au-dessus des deux cotylédons. Le premier entre-nœud donne l'épicotyl. Les premières feuilles, au-dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales (elles sont plus simples que les futures feuilles).
- La germination hypogée (exemple, le maïs). La graine reste dans le sol, la tigelle ne se développe pas et les cotylédons restent dans le sol.

Bilan sur les angiospermes :

Ils ont un cycle haplo-diplopasique (surtout sporophytique). Les gamètes femelles sont parasites du sporophyte. La fécondation est une siphonogamie (**attention, c'est une double fécondation**).

III\ Les archégoniates cormophytes.

A partir des mousses, l'évolution des gamètes mâles et femelles donne une diminution du territoire végétatif du prothalle et la perte de son indépendance.

Passage au milieu aérien et mode de vie.

Le gamétophyte mâle se développe à partir des réserves accumulées dans les spores. Il y a diminution du nombre d'anthéridies.

Le gamétophyte femelle : le prothalle cesse d'accumuler des réserves, elles seront élaborées après la fécondation. Ce sont les gamétophytes les plus évolués.

La réduction des gamétophytes et des gamétanges est une stratégie évolutive. Cette stratégie entraîne, un allongement du cycle de développement (80 heures pour les champignons et plusieurs années pour les fleurs), la suppression partielle de la génération haploïde indépendante (fragile), l'affranchissement des aléas d'un approvisionnement énergétique et en eau, en permettant le développement de prothalles parasites du sporophyte.

L'évolution a d'abord formé des gamètes mobiles dans l'eau pour les algues et les mousses, puis des gamètes véhiculés, pour les archégoniates, par les tubes polliniques grâce à la siphonogamie. Celle-ci permet un affranchissement de l'eau pour effectuer la fécondation. C'est aussi le passage d'une fécondation simple à une fécondation double qui conduit chez les angiospermes à la formation d'un embryon « nourrice » ou albumen.

LES PLANTES SUPERIEURES.

GENERALITES.

Les plantes supérieures sont des archégoniates, cormophytes, eucaryotes, faisant parti des végétaux. Elles possèdent un cormus constitué de rameaux feuillés (sauf les bryophytes et certaines ptéridophytes). Les archégoniates possèdent des racines et, pour la plupart, des tissus bien différenciés mis en place par les méristèmes primaires ou secondaires (ce sont des formations de cellules embryonnaires indifférenciées), à paroi fine, pouvant se multiplier activement.

Les gamètes sont renfermés dans les gamétanges (qui sont les anthéridies mâles ou les archégones femelles), qui sont toujours entourés par une enveloppe constituée d'au moins une assise de cellules.

On a plusieurs types de fécondation :

- Zoïdogamie : le gamète mâle est mobile et le gamète femelle est immobile (oogamie).
- Siphonogamie : le gamète femelle est immobile, le gamète mâle n'est ni flagellé ni cilié mais la fécondation se fait par un siphon ou par un tube pollinique.

Les spores sont formées dans les sporanges, toujours après une méiose.

Classification :

- Bryophytes (mousses)
- Ptéridophytes (fougères)
- Pré spermaphytes
- Spermaphytes : - gymnospermes
  - angiospermes : mono et dicotylédones.